

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

**Análisis del hardware y software aplicado a la
creación de videoconsolas basadas en
emulador y elaboración de un manual para el
ensamblaje de éstas**

MEMORIA

Autor: Eugenio Hernández Contreras

Director: Eguia Gómez, Jose Luís

Convocatòria: Julio 2019



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resumen

Con los avances tecnológicos han aparecido nuevas disciplinas dentro del mundo de los videojuegos y las videoconsolas como son la emulación y la simulación. Éstas ofrecen al usuario la posibilidad de jugar a gran variedad de juegos, tanto modernos como antiguos, en un solo dispositivo. Pese a que su legalidad siempre ha sido puesta en duda, es un hecho que para acceder a ciertos títulos actualmente inaccesibles por medios tradicionales como la compra, el usuario debe recurrir a ellas. A raíz de la aparición de otras tecnologías no relacionadas directamente con la emulación o la simulación, como son los blogs de internet o los videotutoriales, se ha conseguido expandir y dar acceso a un gran número de personas a toda la información relacionada con estos temas. En concreto, para la elaboración de una consola emuladora, se ha observado que en la mayoría de artículos y entradas solamente se trata un tema o concepto, teniendo el usuario que buscar cada uno de los pasos del proceso de elaboración en páginas o entradas distintas, muchas veces estando el contenido de éstas poco relacionado.

Este trabajo se centra pues en el estudio desde un punto de vista técnico de todos aquellos aspectos del estado del arte de la emulación necesarios para la elaboración de una consola emuladora, con el objetivo de dejarlo todo reflejado en un único documento.

Para ello, primero se ha estudiado el estado del arte de la emulación, se ha realizado un estudio de usuario para saber qué información es útil de cara a un público genérico, se han planteado diversas alternativas de diseño viables y por último se ha definido un proceso de ensamblaje.

Como objetivos posteriores a la realización de esta memoria, se ha planteado la creación de un manual que permita al usuario ensamblar su propia consola emuladora sin necesidad de tener conocimientos en la materia y la puesta en práctica de dicho manual con la creación de un prototipo.

Resum

Amb els avenços tecnològics han aparegut noves disciplines dins de el món dels videojocs i les videoconsoles com són l'emulació i la simulació. Aquestes ofereixen a l'usuari la possibilitat de jugar a gran varietat de jocs, tant moderns com antics, en un sol dispositiu. Malgrat que la seva legalitat sempre ha estat posada en dubte, és un fet que per accedir a certs títols actualment inaccessibles per mitjans tradicionals com la compra, l'usuari ha de recórrer a elles. Arran de l'aparició d'altres tecnologies no relacionades directament amb l'emulació o la simulació, com són els blocs d'internet o els videotutorials, s'ha aconseguit expandir i donar accés a un gran nombre de persones a tota la informació relacionada amb aquests temes. En concret, per a l'elaboració d'una consola emuladora, s'ha observat que en la majoria d'articles i entrades només es tracta un tema o concepte, tenint l'usuari de buscar cada un dels passos del procés d'elaboració en pàgines o entrades diferents, moltes vegades estant el contingut d'aquestes poc relacionat.

Aquest treball es centra doncs en l'estudi des d'un punt de vista tècnic de tots aquells aspectes de l'estat de l'art de l'emulació necessaris per a l'elaboració d'una consola emuladora, amb l'objectiu de deixar-ho tot reflectit en un únic document.

Per a això, primer s'ha estudiat l'estat de l'art de l'emulació, s'ha realitzat un estudi d'usuari per saber quina informació és útil de cara a un públic genèric, s'han plantejat diverses alternatives de disseny viables i finalment s'ha definit un procés d'acoblament.

Com a objectius posteriors a la realització d'aquesta memòria, s'ha plantejat la creació d'un manual que permeti a l'usuari acoblar la seva pròpia consola emuladora sense necessitat de tenir coneixements en la matèria i la posada en pràctica d'aquest manual amb la creació d'un prototip.

Abstract

With technological advances, new disciplines have emerged within the world of video games and game consoles such as emulation and simulation. These offer the user the possibility of playing a wide variety of games, both modern and old, on a single device. Despite the fact that its legality has always been questioned, it is a fact that to access certain titles currently inaccessible by traditional means such as purchase, the user must resort to them. As a result of the appearance of other technologies not directly related to emulation or simulation, such as internet blogs or videotutorials, it has been possible to expand and give access to a large number of people to all the information related to these themes. Specifically, for the development of an emulator console, it has been observed that in the majority of articles and entries only one topic or concept is discussed, with the user having to search each of the steps of the elaboration process in different pages or entries, many times the content of these being little related.

This work therefore focuses on the study from a technical point of view of all those aspects of the state of the art of emulation necessary for the development of an emulator console, with the aim of leaving everything reflected in a single document.

To do this, first the state of the art of emulation has been studied, a user study has been carried out to find out what information is useful for a generic audience, various viable design alternatives have been proposed and finally an assembly process.

As objectives after the completion of this report, there's the creation of a manual that allows the user to assemble their own emulator console without having to have knowledge on the matter and the implementation of said manual with the creation of a prototype.

Índice

RESUMEN	3
RESUM	4
ABSTRACT	5
ÍNDICE	7
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	11
ÍNDICE DE FIGURAS	12
ÍNDICE DE TABLAS	13
1. PREFACIO	15
1.1. Origen del proyecto y motivación.....	15
2. INTRODUCCIÓN	17
2.1. Objetivos Generales.....	17
2.2. Objetivos Específicos.....	17
3. ESTADO DEL ARTE	19
3.1. El concepto de la emulación	19
3.2. El concepto de la simulación	20
3.3. Ordenadores de placa reducida.....	21
3.4. Sistemas operativos.....	21
3.5. Tipos de configuraciones	22
3.6. Componentes y materiales adicionales	23
4. POSICIONAMIENTO Y ESTUDIO DE LA COMPETENCIA	24
4.1. Fabricantes y Tiendas.....	24
4.1.1. Fabricantes locales de recreativas	24
4.1.2. Réplicas Originales.....	25
4.1.3. Vendedores de carcasas	25
4.1.4. Proveedores de material.....	26
4.2. Videotutoriales y blogs	26
5. DEFINICIÓN DE USUARIO	28
5.1. Resultados Obtenidos.....	28
5.2. Conclusiones sobre el usuario	31

6. ALTERNATIVAS DE DISEÑO	33
6.1. Configuración.....	33
6.1.1. Consola tradicional	34
6.1.2. Hdmi arcade	35
6.1.3. Bartop arcade	37
6.2. Controles de recreativa arcade	38
6.2.1. Joysticks	38
6.2.1.1. Partes de un joystick.....	38
6.2.1.2. Características a tener en cuenta	39
6.2.1.3. Joysticks asiáticos	39
6.2.1.4. Joysticks americanos o HAPP	40
6.2.1.5. Principales modelos.....	41
6.2.2. Botones.....	45
6.2.2.1. Botones asiáticos.....	45
6.2.2.2. Botones europeos/americanos	45
6.2.3. Interfaces	46
6.2.3.1. Partes de una interfaz.....	46
6.2.3.2. Características a tener en cuenta	46
6.2.3.4. Principales modelos.....	48
6.2.4. Distribuciones	48
6.3. Materiales de construcción.....	51
6.4. Sistemas Operativos.....	52
6.4.1. RetroPie.....	53
6.4.2. Lakka	53
6.4.3. Recalbox.....	53
7. IMPLEMENTACIÓN	54
7.1. Material y características de diseño seleccionados	54
7.2. Proceso de ensamblaje	56
7.2.1. Diseño y construcción de la carcasa	56
7.2.2. Componentes electrónicos	58
7.2.2.1. Mando arcade	59
7.2.2.2. Circuito de alimentación.....	60
7.2.2.3. Salida de imagen	62
7.2.3. Instalación del sistema operativo.....	63
7.2.4. Configuración final y puesta en marcha	63
8. NORMATIVA Y TÉRMINOS LEGALES	64
8.1. Hardware	64

8.2. Software	64
9. COSTES E IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	67
9.1. Impacto ambiental.....	67
9.2. Coste del Proyecto	68
9.3. Coste del Prototipo.....	68
10. CONCLUSIONES Y FUTUROS PROYECTOS	70
10.1. Conclusiones.....	70
BIBLIOGRAFÍA	72
Referencias bibliográficas	72
Bibliografía Complementaria	73
ANEXOS	75
Desarrollo del Manual de Usuario	75
Estructura planteada	75
Encuesta Realizada.....	77
Distribuciones de mandos arcade más destacadas	92
Planos Utilizados	97

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Plano de las dimensiones de una de las carcasas ofrecidas por la empresa Retroflag.	34
Ilustración 2. Kit ofrecido por la tienda RobotShop a un precio aproximado de 80€.....	35
Ilustración 3. Distribución elegida para joysticks y botones de acción correspondiente a la estándar japonesa	55
Ilustración 4. Distribución elegida para los botones de servicio	56
Ilustración 5. Visión en perspectiva del diseño del prototipo en Fusion360. Vista frontal y superior.	57
Ilustración 6. Visión en perspectiva del diseño del prototipo en Fusion 360. Vista superior y trasera.	57
Ilustración 7. Esquema de la unión entre piezas utilizada en la construcción del mueble ...	58
Ilustración 8. Conexiones ofrecidas por la interfaz básica de Zero Delay utilizada en el proyecto	59
Ilustración 9. Esquema de conexiones para cada mando que se quiera incorporar al proyecto. En este caso se muestra la conexión de un único botón.	60
Ilustración 10. Partes frontal y trasera del conector de alimentación y botón de encendido	61
Ilustración 11. Esquemmatización de las conexiones a realizar para conectar el botón de encendido a la regleta distribuidora	61
Ilustración 12. Esquemmatización de las conexiones para la salida de imagen.....	62

Índice de Figuras

Figura 1. Rangos de edad según género de los participantes en la encuesta	28
Figura 2. Representación del interés mostrado por la población encuestada que actualmente estaría dispuesta a jugar a juegos retro.	29
Figura 3. Rango de cantidades monetarias dispuestas a destinar por parte de los usuarios encuestados que mostraron interés en la realización del proyecto.	30
Figura 4. Interés por la inclusión de los mandos típicos de las recreativas arcade	30

Índice de Tablas

Tabla 1. Valoración de ventajas y desventajas de las réplicas oficiales ofrecidas por fabricantes originales	25
Tabla 2. Valoración de ventajas y desventajas de las carcasas miniatura no oficiales	26
Tabla 3. Valoración de las ventajas y desventajas que suponen los videotutoriales	27
Tabla 4. Comparativa de las distintas configuraciones estudiadas	33
Tabla 5. Comparativa Joysticks Asiáticos	43
Tabla 6. Comparativa Joysticks Americanos/Europeos	44
Tabla 7. Comparativa principales modelos de Interfaces	48
Tabla 8. Comparación de las propiedades de distintos tipos de madera	51
Tabla 9. Muestra de qué sistema operativo destaca en cada aspecto	52
Tabla 10. Costes asociados a la adquisición de material para el ensamblaje del prototipo	69

1. Prefacio

El trabajo realizado integra tres bloques distintos. En primer lugar una memoria consistente en una investigación donde se considera el estado del arte de las videoconsolas basadas en emulador, un estudio de usuario donde se evalúa la percepción de este ámbito entre una muestra de la población y una propuesta de diseño y elaboración de una consola basada en un ordenador de placa reducida a partir de las características de usuario obtenidas de dicho estudio. En segundo lugar, la redacción de un manual que permita al usuario proceder de principio a fin con el ensamblaje de su propia videoconsola emuladora basada en un ordenador de placa reducida sin necesidad de tener conocimientos avanzados en la materia. Por último, se pone en práctica dicho manual con la presentación de un prototipo ensamblado siguiendo los pasos indicados en éste.

1.1. Origen del proyecto y motivación

La motivación por la realización de este proyecto es de tipo personal dado que reúne diversos campos que siempre han sido de mi interés y han llamado mi atención. En primer lugar los proyectos *Do It Yourself* (DIY) que como apasionado por la ingeniería y la tecnología me parecen una de las mejores maneras de iniciarse y empezar a coger práctica y conocimiento en ambos ámbitos. En segundo lugar los ordenadores de placa reducida u ordenadores de placa simple (SBC) como la Raspberry Pi, que pese a no tener las mismas capacidades que la mayoría de ordenadores de uso cotidiano han permitido expandir el mundo DIY y han demostrado que no sólo las placas diseñadas para tareas concretas pueden ser pequeñas. Y por último, el mundo de los videojuegos y las videoconsolas; sobre todo las retro. Creo que mi interés por todos estos temas no es algo personal único, sino que es compartido con mucha más gente, y la idea de poder aportar ayuda y herramientas, desde el punto de vista y con los conocimientos que me han otorgado la carrera de ingeniería industrial, a toda persona interesada estos pero sin dichos conocimientos, me parece muy gratificante.

2. Introducció

Este proyecto es un Trabajo de Final de Grado del grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (ETSEIB), facultad de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). El trabajo corresponde con la modalidad A, y consiste en el estudio del mundo de las videoconsolas basadas en emulador.

Esta memoria expone toda la recopilación de información y conclusiones obtenidas del estudio del ámbito mencionado, para su posterior puesta en práctica.

2.1. Objetivos Generales

En este proyecto se pretende analizar el mundo de los emuladores de videoconsolas, tanto a nivel de hardware como de software, a partir de un punto de vista técnico e ingenieril, para adquirir el conocimiento e información necesarios para poder, posteriormente, desarrollar un manual que permita al usuario montar una consola emuladora de videojuegos retro sin necesidad de tener conocimientos de la materia, y la puesta en práctica de dicho manual mediante el montaje de un prototipo.

2.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos necesarios para la consecución de los objetivos generales son los siguientes:

- Estudiar el estado del arte de la emulación de videojuegos actualmente, conociendo así las posibilidades y opciones que ofrece esta materia.
- Evaluar la situación del mercado enfocado a un público no profesional para el producto que se pretende crear y la posible competencia existente.
- Realizar un estudio de usuario que permita conocer sus características, su percepción de la materia y su interés por ésta, para concluir con la definición de un perfil de usuario al que se dirigirá el proyecto.
- A partir del conocimiento adquirido mediante el estudio del estado del arte, analizar las alternativas de diseño para determinar cuál es la más apropiada para el perfil de usuario definido y especificar el procedimiento de su ensamblaje.

- Posterior a la realización de esta memoria, redactar un manual que permita al usuario ensamblar y programar la consola emuladora de videojuegos definida en el proyecto sin necesidad de tener conocimientos técnicos avanzados.
- Ensamblar un prototipo que ejemplifique lo explicado en el manual.

3. Estado Del Arte

En este apartado se ha estudiado el estado del arte del mundo de las videoconsolas retro y recreativas basadas en emulador, así como sus alternativas, origen y situación actual de mercado. De esta manera, se pretende situar al lector en la materia, ampliar conocimientos, conocer el sector en profundidad y establecer un punto de partida para el desarrollo posterior del proyecto a niveles prácticos. No se ha entrado en análisis técnicos ni en comparaciones de especificaciones, que se pueden encontrar en apartados posteriores y están centradas en objetos de estudio más concretos.

En primer lugar, y para una mejor comprensión, se aclaran las definiciones de *arcade* y retro, conceptos a los cuales se hará referencia constante a lo largo de esta investigación. “Se atribuye el adjetivo retro a los videojuegos antiguos. No existe un parámetro asignado para el mínimo de años que debe tener un videojuego para ser considerado retro, pero se podría establecer alrededor de 20 años” (GamerDic, 2013). En cuanto a *arcade*, es el “término genérico para referirse a las máquinas recreativas. En contraposición de la simulación, un juego es *arcade* cuando es muy sencillo de jugar y/o cuando sus físicas o controles no responden de una manera realista a las leyes físicas, con el fin de facilitar en manejo” (GamerDic, 2013).

3.1. El concepto de la emulación

Igual que se han definido los conceptos de retro y arcade, se cree importante concretar y situar al lector en cuanto al concepto de emulación se refiere, que va a ser objeto principal de estudio de este trabajo. Un emulador se define como un “software que permite ejecutar videojuegos en una plataforma distinta a aquella para la que fueron diseñados originalmente. Generalmente usados para jugar en plataformas actuales a videojuegos antiguos, o retro” (GamerDic, 2013). Esto se puede hacer siempre y cuando la plataforma actual que usemos sea igual o más potente que la plataforma que queramos emular.

Gracias a los avances tecnológicos, los ordenadores personales de hoy en día se han convertido en máquinas prácticamente capaces de emular videojuegos retro a la perfección, permitiendo al usuario acceder a estos de manera fácil y barata. Esto no se

limita sólo a consolas personales antiguas, sino que también incluye las máquinas recreativas. Actualmente, éstas se pueden basar en un ordenador genérico, pero el concepto original consiste en usar una placa base específicamente diseñada para funcionar como máquina recreativa.

Por tanto, cuando se habla del término emular, no se está haciendo referencia a la manera original de jugar a los videojuegos. Las consolas y máquinas recreativas originales presentaban unas características, que se podrían incluso llamar defectos, que se pierden con el uso de emuladores. Algunos ejemplos pueden ser menores ratios de fotogramas por segundo, retrasos en el procesamiento de movimientos realizados con el mando o peor calidad de imagen, entre otros. Dado que los emuladores se usan en máquinas más potentes que las originales a las que emulan, todas estas características, o defectos, se ven mitigados o incluso eliminados, creando una experiencia de juego no exacta a la original. Este hecho cobra más o menos importancia en función de los gustos y preferencias del usuario.

3.2. El concepto de la simulación

Como solución a los inconvenientes que supone la emulación para algunos usuarios se ha desarrollado el concepto de la simulación. Si bien la emulación es recreación por software, la simulación es la recreación por hardware. Esta disciplina surgió a raíz de que se vio que reproducir videojuegos con total exactitud a como lo hacían las videoconsolas originales, utilizando únicamente programas de hoy en día y en ordenadores modernos, era prácticamente imposible. En cambio, si se planteaba desde un punto de vista de hardware, la tarea se convertía en algo perfectamente posible. Destacar que el hecho de recrear mediante hardware no implica que el proyecto sólo pueda recrear una consola en concreto. Los proyectos de simulación son, como los de emulación, perfectamente capaces de reproducir un gran número de consolas y videojuegos distintos en un mismo dispositivo.

Destaca en este campo el proyecto MiSTer FPGA, que se ha basado en la placa Terasic DE10-Nano. A ésta se le ha añadido un componente fundamental, un *Fiel Programmable Gate Array* (FPGA) o en español Matriz de Puertas Programables en Campo. Estos se definen como “unos diminutos dispositivos semiconductores que tienen la capacidad de programarse para realizar acciones muy concretas de forma rápida y eficiente” (bit2me, s.f.).

El proyecto permite simular plataformas del pasado como Atari 2600, Sega Mega Drive,



Nintendo Game Boy Advance, Commodore VUC 20, BBC Micro, Vectrex o Sinclair ZX81.

Los motivos por el que este trabajo se centrará en la emulación son el precio que separa ambas disciplinas, siendo la simulación algo más cara, y que la emulación está mucho más extendida y es más accesible.

3.3. Ordenadores de placa reducida

Como se ha mencionado en el punto anterior, la emulación de videojuegos puede realizarse con un ordenador convencional, tanto nuevo como viejo, una *tablet* o incluso un *smartphone*. Dentro de la categoría de ordenadores encontramos los ordenadores de placa reducida. Estos tienen el tamaño aproximado de una tarjeta de crédito y cuentan con todas las características de un ordenador funcional. Entre sus principales usos, más allá de utilizarse como ordenadores convencionales, dado su reducido tamaño y gran versatilidad, destacan pequeños proyectos que puede hacer el usuario mismo, como la creación de un servidor para el hogar, un centro multimedia para la reproducción de música y películas, una estación meteorológica o, el que será objeto de estudio en este trabajo, una videoconsola para emular videojuegos retro.

Dentro de este tipo de ordenadores destaca la empresa Raspberry Pi, pionera en hacer llegar este tipo de productos al público general a un precio muy asequible, de entre 5€ y 50€ aproximadamente, y a la que cada vez le salen más competidores. Algunos como HummingBoard, Asus Tinker Board, Odroid XU4, LePotato, Rock64 Media Board, Rock Pi 4 o Banana Pi M64. Este proyecto se centrará exclusivamente en las posibilidades que ofrece la Raspberry Pi.

3.4. Sistemas operativos

Para poder utilizar un emulador en un ordenador, sea del tipo que sea, es necesario que éste tenga instalado primero un sistema operativo. Cuando se adquiere un ordenador de placa reducida, éste no trae ningún sistema operativo instalado, con lo que antes de poder usarlo para jugar a videojuegos se le tiene que instalar uno. Si bien Windows y MacOS se han establecido como los dos predominantes en ordenadores de uso cotidiano, las distribuciones Linux son las que han conseguido destacar en los proyectos DIY. Con el aumento de la popularidad de proyectos de este tipo consistentes en la creación de máquinas recreativas y videoconsolas de videojuegos retro, han aparecido también muchas

distribuciones Linux que mejoran la experiencia de usuario en comparación a si se usara un sistema operativo genérico, no diseñado específicamente para la tarea.

Algunos de los sistemas operativos para estos proyectos son RetroPie, Recalbox o Lakka; todos ellos distribuciones de Linux. RetroPie está especialmente diseñado para Raspberry Pi y ofrece gran posibilidad de personalización. Por otro lado, Recalbox destaca por su gran simplicidad y facilidad de instalación, pero carece de las posibilidades de personalización que ofrece RetroPie. Y por último Lakka, cuya apariencia recuerda a la de los menús de PlayStation.

3.5. Tipos de configuraciones

Otro de los factores a tener en cuenta cuando se diseña una consola retro o máquina arcade basada en emulador, además de la placa y el sistema operativo que se le desee instalar, es la configuración funcional y visual que se le quiera dar. El usuario debe tener claro qué uso le va dar y cuáles son sus preferencias y situación.

Pese a poderse realizar infinidad versiones, modificaciones y personalizaciones, las principales configuraciones son:

- **Consolas de formato tradicional:** La consola no consta de pantalla ni mandos, debiendo ser ambos conectados mediante puertos de conexión externa. Es el formato que suelen tener las consolas más reconocidas del mercado, como la PlayStation o la Xbox.
- **Consolas portátiles:** Dado el tamaño de los ordenadores de placa reducida, muchos usuarios optan por el formato de consola portátil, basándose, o incluso imitando, los diseños de las reconocidas GameBoy Color, GameBoy Advance o PSP, entre otras. Una gran diferencia de estos proyectos respecto al resto de configuraciones es la utilización de batería o pilas para la alimentación en vez de la conexión directa a una toma de corriente. Además de la aparición de los ordenadores de placa reducida, otro factor que ha ayudado a la realización de este tipo de proyectos es la expansión de las impresoras 3D personales, que han facilitado mucho la creación de encapsulamientos ergonómicos y funcionales para todos los componentes de este tipo de consola.
- **Hdmi Arcade o Arcade TV:** Consistente en una consola que integra en su estructura uno o varios mandos de recreativa arcade pero que, a diferencia de las recreativas tradicionales, no incorpora pantalla, con lo que requiere ser conectada a



un monitor externo para poder usarse.

- **Recreativa Arcade tradicional:** Normalmente encontrada en bares o salones recreativos, es la configuración original de las máquinas recreativas, diseñadas para jugar de pie o sentado en un taburete alto. El formato más extendido está pensado para dos jugadores. Es la más voluminosa de todas las configuraciones.
- **Bartop Arcade:** Su nombre proviene de la combinación en inglés de las palabras *bar* y *top*, cuya traducción literal es “sobre-barra”. Basadas en la configuración original de las máquinas recreativas, las Bartop son una versión reducida para el hogar pensadas para poner encima de una mesa, barra o soporte. Dependiendo de su tamaño, pueden ser de uno o dos jugadores.

Además del formato de la consola, se deben tener en cuenta otros aspectos como el número de jugadores para el que se diseña, la cantidad de salidas para la conexión de mandos externos, si se añaden o no botones y joysticks de tipo arcade y de qué tipo, o qué tipo de alimentación tendrá la consola.

3.6. Componentes y materiales adicionales

Consistentes en todo aquel hardware no esencial para el funcionamiento de la consola, pero necesario para poder realizar la totalidad del proyecto deseado, ayudando a dar un aspecto, apariencia y acabado más profesional y bonito. Dependiendo de la configuración de la videoconsola se requerirá de un tipo o de otro y en menor o mayor medida. Por tanto, es un aspecto a tener en cuenta a la hora de decidir qué configuración se le quiere dar al proyecto, dado que los costes de éste pueden variar mucho en función de todos los componentes extra que sean necesarios.

Cuando se diseña una videoconsola retro, uno de los primeros aspectos a considerar es el de poner un botón de encendido. Esto es debido a que, por lo general, los ordenadores de placa reducida utilizados en estos proyectos no lo incluyen y simplemente se encienden cuando se conectan a la corriente y se apagan cuando se desconectan. Otros componentes utilizados son los puertos para conexiones de salida con un buen acabado que dan una apariencia más completa al proyecto. Además de los componentes electrónicos complementarios mencionados, también existen en el mercado embellecedores como los *T-molding* o *U-molding* (cubre-cantos), que se colocan en los perfiles de las maderas que componen las máquinas recreativas, o los vinilos, utilizados para mejorar el acabado superficial del material utilizado para la construcción del mueble y la apariencia de éste.

4. Posicionamiento Y Estudio De la Competencia

Dado que el objetivo de este trabajo es ofrecer un producto al usuario, se ha creído conveniente la realización de un estudio de mercado y competencia que permita ver qué aspectos que no se pueden encontrar actualmente pueden aportarse y qué aspectos son más redundantes respecto a lo que ya se ofrece.

A partir de la búsqueda de todo tipo de productos relacionados con la materia al alcance del consumidor se han definido cinco tipos de competencias, las cuales se han dividido en dos grandes grupos, a los que el usuario puede acudir cuando decide embarcarse en la creación de su propia consola emuladora de videojuegos. A continuación, se procede a describir y analizar cada uno de ellos, además de señalar tanto aquellos puntos en los que este proyecto puede diferenciarse aportando algo nuevo como aquellos en los que no puede competir.

4.1. Fabricantes y Tiendas

4.1.1. Fabricantes locales de recreativas

Son todos aquellos fabricantes que elaboran el producto acabado para el cliente ya sea a medida bajo pedido o con unas características estándar. No fabrican componentes electrónicos como tal. Realizan la misma tarea que se quiere llevar a cabo en este proyecto pero a grandes niveles empresariales, enfocado a un público exigente como pueden ser salones recreativos, bares o particulares que quieren un producto de calidad, con los acabados y garantías que estos implican.

Aunque los salones de recreativas hayan desaparecido prácticamente por completo, siguen existiendo en España empresas dedicadas a estas labores. Concretamente en la zona de Barcelona y alrededores se encuentran algunas como Factoryarcade (Tarrasa, página oficial: factoryarcade.es/), Crown Arcade (Tarrasa, página oficial: crownarcade.com/), Rex Arcade (Sabadell, página oficial: rex-arcade.com/) o Bricogame (Sabadell, página oficial: bricogame.es/), que ofrecen desde kits para montar o productos acabados de todo tipo como máquinas recreativas, bartops, hdmi arcades, consolas de formato tradicional, pinballs y más, hasta todo tipo de recambios como pueden ser botones, joysticks, vinilos, interfaces, embellecedores o cableado.



4.1.2. Réplicas Originales

Actualmente, este tipo de productos han sido lanzados al mercado únicamente por la empresa Nintendo. Consisten en réplicas miniatura basadas en emulador de consolas antiguas de la compañía a un precio muy competitivo. Hasta el momento, sólo existen versiones de la SNES (Super Nintendo Entertaining System) y de la NES (Nintendo Entertaining System).

Ventajas	Desventajas
Producto oficial de la empresa fabricante original	Corto catálogo de juegos
Producto acabado	Emulación de una sola consola
Precio competitivo	Compatibilidad con un único tipo de mando
	Capacidad de personalización inexistente

Tabla 1. Valoración de ventajas y desventajas de las réplicas oficiales ofrecidas por fabricantes originales

4.1.3. Vendedores de carcasas

Estos productos consisten en réplicas miniatura de carcasas de consolas retro pensadas para albergar una Raspberry Pi y hacer la función de embellecedoras, consiguiendo así dar la sensación de que se tiene una consola y no un ordenador de placa reducida. Además de espacio para la Raspberry, estas carcasas incluyen todos los puertos externos y los controladores necesarios para poder conectar los mandos y la toma de corriente, así como un botón de encendido y apagado.

La aparición de este tipo de producto ha conseguido mejorar la apariencia de las comunes carcasas de Raspberry Pi orientadas al uso genérico. Son posiblemente la mejor opción para el usuario que quiera realizar un proyecto lo más simple posible, sin complejidades y a un precio muy asequible.

En este ámbito destaca la empresa Retroflag (página oficial: retroflag.com/), que no solo ofrece carcasas de consolas de formato tradicional para conectar al televisor, sino que también de consolas portátiles como la Game Boy.

Ventajas	Desventajas
Apariencia exacta a las réplicas originales	No es un producto acabado
Extrema facilidad de montaje	Requiere de la compra de más componentes, entre ellos la Raspberry Pi
Posibilidad de emulación de gran variedad de consolas	No ofrece información sobre aspectos del software
Compatibilidad con un gran número de mandos, dado que sus puertos son de tipo USB	Capacidad de personalización inexistente
Posibilidad de personalización del Software	

Tabla 2. Valoración de ventajas y desventajas de las carcasas miniatura no oficiales

4.1.4. Proveedores de material

Se trata de todos aquellos mayoristas o minoristas que ofrecen los componentes necesarios para el montaje de una consola emuladora. No suponen una competencia para el producto que se pretende ofrecer en este trabajo, sino que son una parte necesaria de éste. El usuario deberá decidir si prefiere mejores calidades a un precio más elevado o reducir costes sacrificando calidad en los materiales y componentes. Las opciones principales son comprar a proveedores oficiales, normalmente con distribuidores en Europa, o acudir directamente al mercado chino, donde las calidades son peores pero los precios son mucho más competitivos.

4.2. Videotutoriales y blogs

Dado que la intención de este proyecto es ofrecer una guía al usuario para poder montar su propia consola emuladora sin necesidad de tener conocimientos en la materia, los videotutoriales y blogs de internet son posiblemente la mayor competencia existente. Los videos son visuales y didácticos, ofreciendo un servicio casi perfecto al usuario. Aun así también tienen fallos y problemas que la guía que se pretende crear puede resolver. Uno de los principales es que tanto videotutoriales como blogs no ofrecen ayuda para la experiencia completa de montaje y programación, sino que se basan en etapas concretas del proyecto, siendo el usuario el que debe ir buscando los videos o entradas del blog sueltas, y muchas veces sin relación entre sí, de la etapa en la que se encuentra.



Ventajas	Desventajas
Contenido muy gráfico y visual	No incluye el material
Facilidad de seguimiento para el usuario	Se suelen centrar en etapas concretas del proyecto
No requiere de ningún gasto monetario para acceder	

Tabla 3. Valoración de las ventajas y desventajas que suponen los videotutoriales

5. Definición De Usuario

Con el fin de ofrecer un producto lo más adecuado posible a los requerimientos del usuario, se ha procedido con un estudio sobre éste. El objetivo de este proyecto es analizar el mundo de las videoconsolas basadas en emulador para posteriormente ofrecer una guía que enseñe al usuario a montar su propia consola emuladora de videojuegos sin tener conocimientos previos en la materia. Por tanto, la obtención de información del estudio ha ido enfocada a conocer qué características debe tener dicha consola según las preferencias del usuario y hasta qué punto está éste dispuesto a realizar un proyecto de este tipo según su coste y complejidad. Para ello, se ha realizado una encuesta con la intención de obtener de primera mano la información mencionada. La muestra obtenida no es lo suficientemente representativa como para sacar conclusiones absolutas, pero permite realizar un primer estrechamiento de aquellos puntos en los que este proyecto debe hacer hincapié y de aquellos que pueden ser descartados.

5.1. Resultados Obtenidos

A partir de la realización de la encuesta se han obtenido los siguientes resultados:

De las 80 personas que contestaron a la encuesta, un 67,95% son hombres, mientras que el 32,05% restante mujeres. Los rangos edad se corresponden a los mostrados en la figura 1, destacando con mayoría el rango entre 21 y 25 años con un 72%.

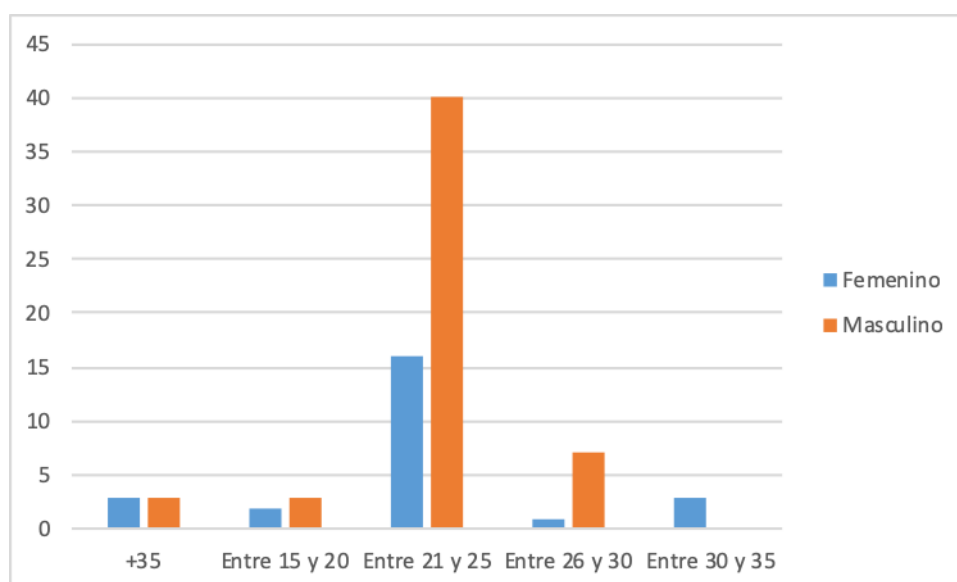


Figura 1. Rangos de edad según género de los participantes en la encuesta



Del total de los encuestados, 68, lo que equivale a un 87%, respondieron positivamente a la pregunta de si actualmente tendrían interés en jugar a algún juego retro o a más de uno. De estos, un 66% contestó que actualmente no disponía de la consola original en la que poder hacerlo o que sólo disponía de algunas. De los usuarios que respondieron afirmativamente a la pregunta de si actualmente les gustaría jugar a algún juego retro, un 97%, 66 en total, no perdería total interés si no pudiera hacerlo en una consola original, y de estos, 51 (un 65% del total de los encuestados) verían interesante, además, la realización de un proyecto consistente en el ensamblaje y programación de su propia consola emuladora. 7 (9% del total), en cambio, preferiría comprarla en cualquier caso y el resto no está interesado en proyectos de este tipo. Tales preguntas nos ayudan a realizar una primera distinción entre usuarios potenciales y gente no interesada.

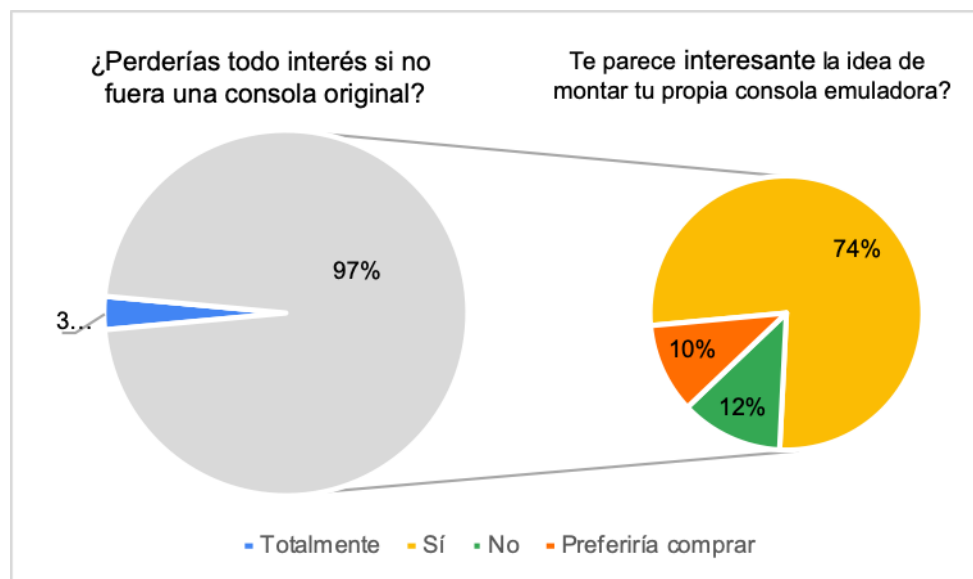


Figura 2. Representación del interés mostrado por la población encuestada que actualmente estaría dispuesta a jugar a juegos retro.

Una vez conocido el perfil de usuario y diferenciados los potenciales de los no interesados, se procedió con preguntas más concretas en referencia al diseño y características de la videoconsola. En este sentido, la primera pregunta fue enfocada a saber la cantidad monetaria que los usuarios estarían dispuestos a pagar por la realización del proyecto. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 3. En esta se puede apreciar como opción más destacada que un 45% de los encuestados vería aceptable un gasto de entre 50 y 100€.

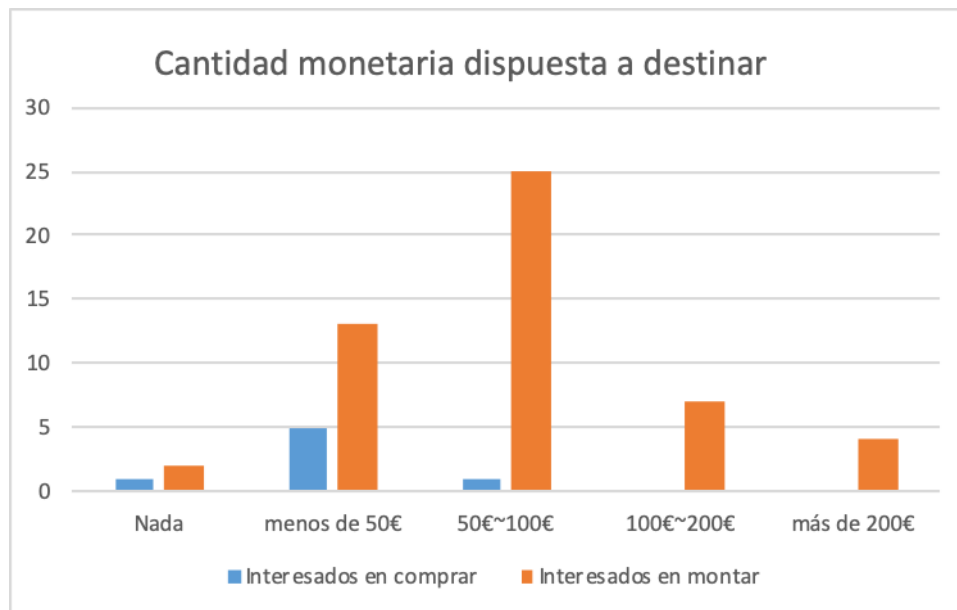


Figura 3. Rango de cantidades monetarias dispuestas a destinar por parte de los usuarios encuestados que mostraron interés en la realización del proyecto.

Seguidamente, se procedió a preguntar sobre cómo se valoraría la posible inclusión de los controles típicos de las recreativas arcade. Las posibles respuestas consistían en un rango de valores del 1 al 5, donde un 1 representa nada o poco interés, mientras que un 5 los considera muy necesarios. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 4. Además, esta última pregunta fue complementada por otras dos, relacionadas con el precio y la complejidad de incorporar dichos controles. Por último, la encuesta incluía dos preguntas relacionadas con la exposición que se daría al proyecto una vez terminado. Destaca, con amplia mayoría, la opción de que con un buen acabado, la videoconsola puede ser un bonito elemento decorativo y que, por tanto, se valora la opción de ubicarla en un lugar a la vista.

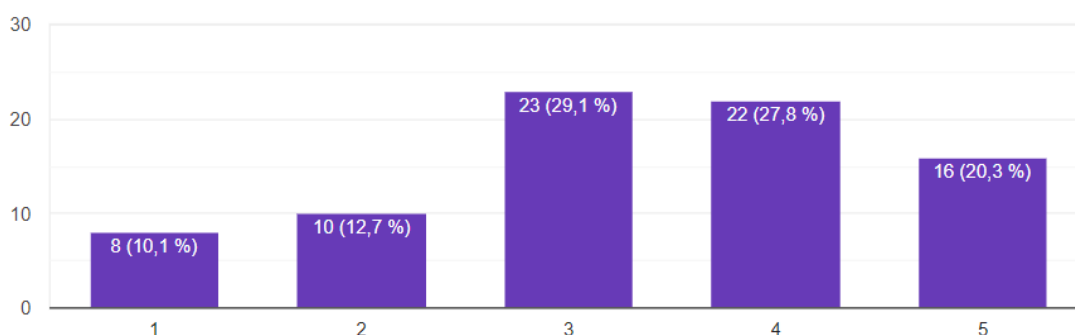


Figura 4. Interés por la inclusión de los mandos típicos de las recreativas arcade

Todas las gráficas de resultados no mostradas, así como la encuesta entera, se incluyen en los anexos de esta memoria.

5.2. Conclusiones sobre el usuario

Como ya se ha mencionado antes, la muestra obtenida en la encuesta no es lo suficientemente grande como para sacar conclusiones absolutas del perfil de usuario, pero se ha usado para dar pie a un seguido de hipótesis sobre las que se basará el diseño y desarrollo del prototipo que se pretende ofrecer.

La mayoría de usuarios han tenido consolas que a día de hoy serían consideradas retro y actualmente sienten atracción por la idea de jugar a algún videojuego de éstas, principalmente por la nostalgia de haberlo jugado en la niñez. Destaca el interés mostrado por el público masculino, con un 92% frente al 64% del femenino.

Al usuario medio encuestado no le importa jugar en una consola emuladora en vez de en una original. Aun así, dado que algunos han mostrado una indiferencia parcial, se partirá de la hipótesis de que cuanto más sólido y estable sea el apartado del software y mejor sea el aspecto y acabado de la consola, mejor será la experiencia de usuario y más indiferente se mostrará éste ante el hecho de no estar jugando en una consola original.

El usuario se muestra abierto a la posibilidad de montar su propia consola, siempre y cuando sea un proceso sencillo y con un coste no muy elevado. Además, ante la igualdad de prestaciones, muchos valoran la opción de comprar directamente un producto acabado si eso resultase más económico que montar. Por tanto, y en base a las respuestas obtenidas, se intentará mantener el coste total del proyecto alrededor de los 100€, con el objetivo de no superar los 150€ en ningún caso. En cuanto al manual de usuario que se pretende ofrecer, tendrá como objetivo reducir, en la mayor medida de lo posible, las complejidades que pueda tener el proyecto para el usuario buscando, además, ser de lectura fácil y ligera e intentando aportar, siempre que se pueda, la mayor información posible a través de contenidos visuales.

Por último, ante la opción de incluir los controles típicos de las máquinas recreativas en la realización del proyecto, el usuario muestra interés siempre y cuando, otra vez, reciba la ayuda necesaria como para que el proceso de incluirlos no suponga un problema en cuanto a complejidad y no implique un sobrecoste adicional excesivo.

Por tanto, se pueden diferenciar dos perfiles bien definidos dentro de los usuarios noveles. El primero siendo aquel que, interesándole los videojuegos retro, quiere un producto

acabado o semi-acabado, que no le suponga ningún tipo de complejidad para poder usarlo. Por otro lado, está el usuario que sí está dispuesto a realizar un proyecto con un cierto proceso de montaje, al que le atrae la idea de ensamblar su propia consola siempre y cuando los niveles de complejidad y coste se mantengan en unos niveles reducidos que pueda asumir. Es este segundo tipo de usuario en el que se centrará el estudio y desarrollo del prototipo planteado en este proyecto.



6. Alternativas De Diseño

A partir de las conclusiones extraídas de la definición de usuario se han planteado un seguido de hipótesis que han servido de pauta para estructurar y limitar las alternativas de diseño a aquellas que se consideran más viables para el usuario definido. A continuación se procede al estudio de éstas para, una vez valoradas individualmente y comparadas entre ellas, obtener aquella que se considere más adecuada para el usuario y sobre la cual se basará el prototipo a ensamblar.

6.1. Configuración

Los tres formatos de consola que se han valorado para ser motivo de estudio teniendo en cuenta las características del usuario han sido los de consola tradicional, hdmi arcade y arcade bartop.




Consola			
Precio	35 – 150€	100 – 300€	200 – 600€
Dimensiones	210 – 600 mm ³	600x200x100 mm	500x400x600 mm
Cantidad de Componentes	Baja	Media	Alta
Complejidad de ensamblaje	Nula / Baja	Media	Alta
Material de Fabricación	Ninguno Madera Metacrilato Polímero Metal	Madera Metacrilato Polímero Metal	Madera
Número de jugadores	1-4	1-2 con mando arcade +2 con mando normal	1-2 con mando arcade +2 con mando normal
Versatilidad	Alta	Media	Baja

Tabla 4. Comparativa de las distintas configuraciones estudiadas

6.1.1. Consola tradicional

Se trata de la configuración más simple y básica por la que puede optar el usuario. Sus dimensiones pueden ir desde los 100x30x70mm que hace la propia Raspberry Pi sin carcasa hasta el tamaño de la carcasa que se le quiera poner. Un tamaño medio a considerar si se opta por esta configuración es el de las nuevas versiones mini de consolas originales, como puede ser la ofrecida por la empresa Retroflag que imita a la Super Nintendo original pero con un tamaño reducido. Las dimensiones de ésta se pueden apreciar en la *Ilustración 1*.

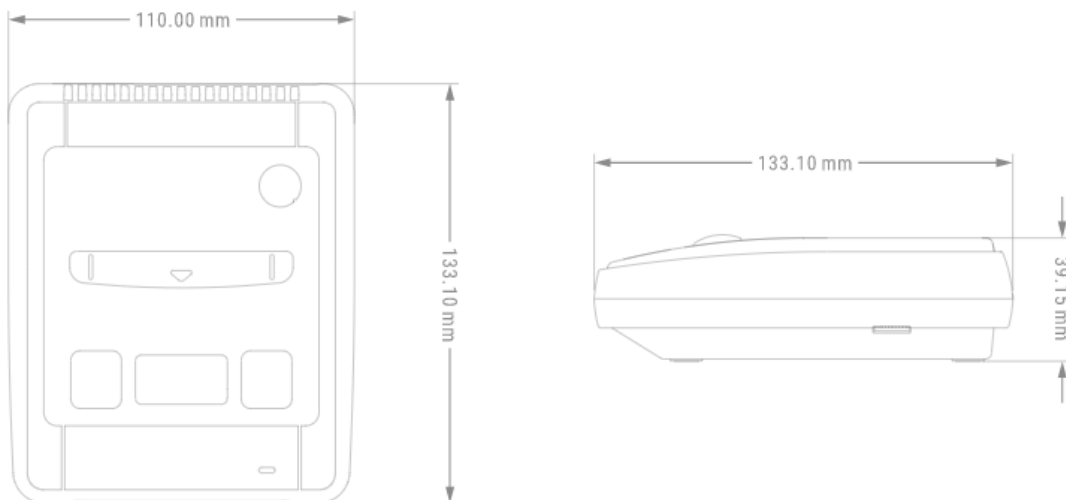


Ilustración 1. Plano de las dimensiones de una de las carcasas ofrecidas por la empresa Retroflag. (Retroflag, <http://retroflag.com/>)

Es la configuración que requiere de menos componentes adicionales para ensamblar y la que sale más económica para el usuario. Los materiales esenciales e indispensables para llevarla a cabo son una Raspberry Pi, una fuente de alimentación, una tarjeta micro SD donde instalar el sistema operativo, un mando con el que jugar, un cable hdmi y un disco duro donde tener la biblioteca de videojuegos. De hecho, esta lista de materiales es la base para cualquiera de las tres configuraciones. A ésta se le puede añadir una carcasa embellecedora, botón de encendido y apagado, un ventilador de refrigeración y hasta un hub-USB para poder conectar los mandos a la consola sin necesidad de hacerlo directamente a la Raspberry Pi, que suele tener sus puertos USB inaccesibles desde fuera de la carcasa.



Il·lustració 2. Kit ofrecido por la tienda RobotShop a un precio aproximado de 80€

Por tanto, teniendo en cuenta estas consideraciones, el precio que debe esperar el usuario si opta por esta configuración es de entre 35€ y 150€ dependiendo de la cantidad de componentes adicionales que quiera incorporar a su proyecto, la calidad de estos y de cuántos tenga en su disposición de antemano. Destacar, además, que para poder usar la consola será necesario disponer de una pantalla, la cual también se tiene que considerar en el coste si no se dispone de una.

6.1.2. Hdmi arcade

Se trata de un formato muy parecido al anterior en cuanto a componentes y materiales de construcción con la diferencia de que lleva incorporados los controles tradicionales de las máquinas recreativas, dándonos así la oportunidad de recrear con más exactitud la experiencia real de juego de estas máquinas. La base del proyecto sigue siendo la misma que, para la consola tradicional, pero las dimensiones de la carcasa, complejidad de ensamblaje y precio se ven aumentados, aunque no en gran medida, dada la incorporación de los mencionados controles.

En primer lugar, en cuanto a las dimensiones, el aumento de éstas a tener en cuenta va más allá de incluir el espacio necesario para los controles de recreativa y sus componentes correspondientes. Hay que considerar que hace falta dejar el espacio suficiente como para que jueguen dos personas sin entorpecerse la una a la otra y que la consola tenga la robustez y solidez necesarias como para aguantar las embestidas que supone usar este tipo de controles. Por tanto, para la realización de un proyecto de este tipo es necesario el

ensamblaje o adquisición de una carcasa que pueda contener todos los componentes y permita, a la vez, hacer uso de los controles de las recreativas arcade. Según el usuario administrador del foro zonaarcade.forocommunity.com, el ancho mínimo para que puedan jugar dos personas a la vez es de 500mm, aunque se recomiendan unos 600mm para poder hacerlo con comodidad, siendo el ancho original de las máquinas recreativas para dos jugadores de entre 600mm y 800mm.

Como se ha mencionado, existe la opción de comprar o ensamblar dichas carcasas. En el caso de optar por la compra, el material de construcción será metal, polímero ABS, acrílico o una combinación de estos. En este caso las posibilidades de personalización serán nulas o prácticamente nulas, quedando el desarrollo del proyecto completamente ligado a las limitaciones que ofrezca el producto adquirido. Por otro lado, si el usuario opta por ensamblar su propia carcasa, las posibilidades de personalización aumentan y los materiales de construcción quedan totalmente a su elección. El más utilizado en este tipo de proyectos es la madera, dado su bajo precio, facilidad para trabajarla y robustez más que suficiente. Hay otras opciones como el metacrilato o el metal que presentan algo más de complejidad que la madera para ser trabajados pero ofrecen un resultado más profesional. También existe la posibilidad, si se tiene acceso, de usar impresoras 3D aunque, considerando el tamaño de este tipo de configuraciones, suelen usarse únicamente para las carcasas de consola tradicional.

Los componentes adicionales a adquirir respecto al formato de consola tradicional son todos aquellos relacionados con los controles arcade. Estos son los botones, los joysticks, el cableado correspondiente y los controladores que nos permitirán conectarlo todo fácilmente a la Raspberry Pi. Existen actualmente en el mercado tiendas que ofrecen *kits* completos con todos los componentes listados, aunque también pueden comprarse por separado. Dicha opción permite al usuario ser más selectivo con los productos que adquiere.

El coste de este proyecto dependerá de las calidades por las que se opte, los materiales de los que se disponga de antemano y todos aquellos componentes adicionales que el usuario decida añadir al proyecto, como pueden ser vinilos para dar una mejor apariencia a la superficie externa de la carcasa. Además, al incluir más componentes en el proceso, es decir, más variables, el rango del precio final que puede tener el proyecto es mayor, partiendo de unos 100€ y pudiendo llegar hasta los 300€. Igual que pasa con las consolas tradicionales, para usarla es necesario disponer de un monitor.



6.1.3. Bartop arcade

Es la configuración más compleja y elaborada de las tres planteadas. Es la que cuenta con el mayor número de componentes y la que, por tanto, tiene el precio más elevado.

En cuanto al tamaño, tiene aproximadamente el mismo ancho que una consola hdmi arcade, pero es más profunda y alta ya que además alberga un monitor en su estructura. Las dimensiones aproximadas son de 550mm de ancho, 400mm de profundidad y 600mm de alto.

El material de construcción más utilizado para la construcción del mueble es la madera. Además, se usan vinilos para dar una mejor apariencia prácticamente en la totalidad de los casos. Los componentes necesarios para su ensamblaje son los mismos que para configurar una hdmi arcade, además de un monitor con su circuito de alimentación interno y una estructura más elaborada y compleja de ensamblar.

El usuario puede optar por la compra del producto totalmente acabado de un fabricante de recreativas, que normalmente ofrece posibilidad de personalización, la compra de un kit para ensamblar o crearla él en su totalidad. Igual que con las hdmi arcade, se venden las carcasas ya montadas, sin componentes, por si el usuario no dispone de los medios para ensamblar una por sí mismo.

El coste de un proyecto de estas características es el más elevado de todas las configuraciones estudiadas. En caso de comprarla totalmente acabada, el usuario debe considerar un precio de entre 450€ y 1200€, según el fabricante y las características que incluya la máquina. Si, en cambio, el usuario opta por ensamblar su propia bartop, el coste oscilará entre 200€ y 600€.

6.2. Controles de recreativa arcade

Si el usuario opta por la inclusión de este tipo de controles en su proyecto deberá tener en cuenta diversas consideraciones. En este apartado se pretende exponer todos aquellos parámetros que el usuario debe conocer para tomar la decisión que más se ajuste a sus gustos y necesidades en cuanto a calidades, tipos y distribución de los mandos arcade.

6.2.1. Joysticks

Según el diccionario, joystick es una palabra prestada del inglés, compuesta por las palabras *joy* (alegría) y *stick* (palo). Empezó a usarse para designar la palanca de mando de un avión y de ahí se ha generalizado a la palanca de control de ordenadores. La definición que da es la siguiente: “Palanca de control que permite desplazar manualmente, y con gran rapidez, el cursor de una computadora o videojuego; se usa especialmente en programas informáticos de juego”.

7.2.1.1. Partes de un joystick

- Maneta o Mástil
- Base
- Embellecedores
- Presilla o agarre



Ilustración 3. Partes de un Joystick. Modelo Baolian.

El mástil es la palanca que se sujeta y mueve en las diversas direcciones permitidas. La base, generalmente cuadrada o rectangular, es donde va insertada la maneta, y a su vez se compone de los mecanismos y *microswitches*.

Los mecanismos son sistemas compuestos de resortes o imanes que hacen posible realizar los movimientos de la maneta. Todo movimiento de la maneta se compone de un desplazamiento de la misma desde la posición de reposo (el centro de la base) hacia cualquier dirección, desde la que después debe regresar a la posición de reposo. Tales mecanismos son los que definen la dureza del joystick (oposición de la maneta al movimiento).

Dado que inicialmente los juegos sólo requerían que el joystick permitiese movimientos en cuatro direcciones (arriba, abajo, derecha e izquierda), mientras que más adelante aparecieron juegos que también requerían de joysticks que permitiesen movimientos diagonales (ocho direcciones), algunos de los joysticks de hoy en día incluyen una pieza que permite configurar al gusto del usuario la cantidad de movimientos capaces de llevar a cabo con la maneta, consiguiendo así una experiencia de juego más auténtica.

En cuanto a los *microswitches*, son componentes de forma rectangular y son los realmente encargados de provocar la acción en el juego al mover el joystick. La forma de funcionar es tal que, al mover la maneta en cualquier dirección, ésta pulsa con su extremo inferior el o los *microswitches* encargados de realizar el movimiento correspondiente al desplazamiento marcado.

7.2.1.2. Características a tener en cuenta

Las características a tener en cuenta a la hora de elegir el joystick más apropiado, más allá de su diseño a niveles visuales, son la dureza y el recorrido de éste. La dureza es la resistencia que opone la maneta del joystick al movimiento. Se puede dividir en alta, media o baja y depende principalmente de los mecanismos que compongan la base del joystick (muelles o imanes). El recorrido es la distancia que recorre la parte superior de la maneta desde la posición de reposo (centro) hasta que la parte inferior pulsa cualquiera de los *microswitches*. El recorrido puede ser corto, medio o largo y dependerá también del diseño de los mecanismos que compongan la base y de la base en sí.

7.2.1.3. Joysticks asiáticos

También conocidos como joysticks de bola, son aquellos que presentan las siguientes características:

- La maneta suele ser corta, terminada en una bola roscada e intercambiable.
- La maneta se puede desmontar de la base retirando una presilla situada en su extremo inferior.
- El montaje e integración de los *microswitches* en la placa puede ser de dos modalidades. Uno, con cada *microswitch* por separado y otro donde están soldados a la base y semi-ocultos. En ésta segunda variedad, en vez de conectar cada *microswitch* por separado a la interfaz que se vaya a utilizar, se conecta un único cable entre el joystick y ésta.
- Fácil montaje en cualquier panel. Sólo es necesario atornillarlo, ya que desenroscando la bola ya se puede pasar el joystick por el agujero correspondiente para su montaje.

Las ventajas que ofrecen este tipo de joysticks son, en especial los japoneses de gama alta, su buen calibrado de movimientos y su poca resistencia a estos, obteniendo así una precisión muy alta, característica que va muy bien para juegos como los “mata-marcianos”. Además, permiten acoplar placas limitadoras de movimiento que permiten realizar de manera mucho más fácil los marcados de movimientos para conseguir los “combos” (combinación consecutiva de movimientos) en los juegos de “lucha-versus”. Este alto grado de precisión se consigue dado su corto recorrido y que no tienen apenas inercia ni rebotes en el retroceso de la maneta a su posición neutral, evitando así que se realicen movimientos indeseados en el videojuego.

7.2.1.4. Joysticks americanos o HAPP

También conocidos como joystick de “bate”, son aquellos que presentan las siguientes características:

- Maneta larga de hierro con agarre en el extremo con forma de bate.
- Maneta desmontable desde la base, al igual que los japoneses, retirando una presilla en su extremo inferior.
- Base de PVC o hierro muy robusto. Según el modelo pueden ser de 4 o 8 direcciones.
- Montaje más complicado que los joysticks asiáticos. Primero se atornilla la base, asegurando que quede bien centrada respecto al agujero por donde se introducirá la maneta. Posteriormente se procede a montar la maneta en la base ya fijada.



Suelen ser joysticks de largo recorrido, no muy pesados y con bases compuestas por fuertes muelles para favorecer el retroceso de la maneta a la posición neutral. Esto puede provocar que algunos modelos presenten “efecto rebote” si se suelta rápidamente la maneta.

7.2.1.5. Principales modelos

A continuación, se presentan los principales fabricantes de joysticks del mercado y sus modelos más destacados.

- **Sanwa (japonés):** Joysticks de gama alta. No presentan ningún tipo de efecto rebote. Valorados muy positivamente por los profesionales de los juegos de lucha. Dentro de este fabricante, destacan:
 - **Sanwa JFL-TP-8Y:** El más vendido de la marca. Es el estándar en la mayoría de configuraciones arcade japonesas. Dureza muy baja y recorrido medio-corto. La elección favorita entre los expertos en juegos de lucha.
 - **Sanwa JLW-TM-8:** Un poco más robusto que el JLF, más pesado, con mayor dureza y con menos recorrido.
- **Seimitsu (japonés):** Joystick de gama alta. Muy versátil; valorado muy positivamente por la comunidad para una gran variedad de juegos de estilos distintos. Algunos de sus modelos más vendidos son:
 - **Seimitsu LS-32-01:** Competidor principal de la serie JFL de sanwa. Rápido y sensible, no tiene un resorte o tacto tan suave como el JFL de sanwa. Se encontraban principalmente en las máquinas recreativas japonesas del tipo CANDYS de NAOMI.
 - **Seimitsu LS-40-01:** Muy buen marcado de movimientos; tanto diagonales como cardinales. Suave, preciso y de recorrido corto, prácticamente el mismo que el sanwa JFL. Encontrado en las antiguas máquinas NEO-GEO.
 - **Seimitsu LS-58-02:** Notablemente más pequeño que los otros dos modelos de la marca. De dureza más alta.
- **ZIPPY:** De gama media. Fabricados en China. No tiene la calidad de los fabricantes japoneses, aunque su diseño está basado en ellos. Apto para todo tipo de juegos, suave al tacto. Variantes con maneta corta o larga.

- **Industrias Lorenzo (HAPP):** De gama alta. Empresa española muy destacada en el sector. Establecida en 1985, abastecía los componentes de la mayoría de salones recreativos de España.
 - **Eurojoystick 2:** Efecto rebote prácticamente nulo. Uno de los modelos más completos del mercado. El más parecido a los originales de los salones recreativos de los años 80 y 90. Existe la versión con agarre de bola.
 - **Joystick Compacto:** De recorrido más largo que el Eurojoystick 2 y de menor dureza. Muy parecido también a lo que se podía encontrar en los salones recreativos de los años 80 y 90. Sirve para todo tipo de juegos arcade.
 - **Joystick Magnético:** De muy alta calidad. Montado en los antiguos mandos de la marca TELEMACH. Diseñados para ordenadores y consolas de 8 bits. Base compuesta por imanes. No presenta ningún “efecto rebote”. Pesado, robusto, duro y de recorrido mínimo. Configuración variable entre 4 y 8 direcciones cambiando de posición una palanca situada en la base. Existe la variante de bola en vez de bate.
 - **Joystick Universal:** De tamaño más reducido que los otros modelos. Dureza extrema. Robusto y compacto.
- **Joystick Americano de marca blanca:** De gama media/baja. Puede presentar “efecto rebote”.
- **Joystick Americano marca Baolian:** De gama media y mejor calidad que los americanos básicos. Ideal en todo tipo de juegos para usuarios no expertos. Puede presentar “efecto rebote”
- **Joystick Arcade Español:** Joystick básico de recorrido muy largo. Puede presentar “efecto rebote”. Sólo recomendado para usuarios noveles.

7.2.1.6. Conclusiones sobre los joysticks

De todos los componentes de una máquina recreativa arcade, el joystick es uno de los más influyentes en la experiencia de juego. Es importante que el usuario conozca las opciones que le ofrece el mercado y, a partir de sus gustos y preferencias, elija aquél que más se adecúe a sus necesidades y mejor experiencia de juego le pueda aportar.

En las tablas 5 y 6 se muestra una comparativa de todos los modelos estudiados.



Joysticks Asiáticos	Sanwa		Seimitsu			ZIPPY
	JFL-TP-8Y	JLW-TM-8	LS-32-01	LS-40-01	LS-58-02	
Gama	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Media
Maneta	Corta y de metal	Corta y de metal	Muy corta y de metal	Muy corta y de metal.	Muy corta. De metal.	Larga. De hierro.
Base	Robusta y de metal. Mejor para paneles no muy anchos.	Robusta y de metal. Ancha y pesada. Mejor para paneles no muy anchos.	Robusta y de metal. Corta. Mejor para paneles no muy anchos.	Robusta y de metal. Corta. Mejor para paneles no muy anchos.	Robusta y de metal. Corta. Joystick pequeño. Mejor para paneles no muy anchos	Robusta y de metal. Estrecha. Apta para todo tipo de paneles
Número De Direcciones	8 ó 4	8 ó 4	8, 4 ó 2	8 ó 4	8	2, 4 ó 8
Microswitch	Dureza baja. Soldados o no a la base	Dureza baja. Visibles sin soldar.	Dureza baja. Soldados a la base y ocultos	Dureza baja. Soldados a la base y ocultos	Dureza baja. Soldados a la base y ocultos	Dureza media. Visibles y accesibles
Conexión	Única o a cada <i>micro-switch</i> según si están soldados o no	A cada faston de los <i>micro-switches</i>	Única para todo el joystick	Única para todo el joystick	Única para todo el joystick	A cada faston de los <i>micro-switches</i>
Dureza	Baja	Baja-Media	Baja	Baja	Baja	Media-Baja
Recorrido	Medio-Corto	Corto	Medio-Corto	Corto	Corto	Largo
Juegos	Lucha versus y "shoot 'em up"	De naves y clásicos de 4 direcciones	Juegos 2D "shoot 'em up" y "beat 'em up"	Juegos 2D "shoot 'em up" y "beat 'em up"	Juegos 2D "shoot 'em up" y "beat 'em up"	Joystick multiusos

Tabla 5. Comparativa Joysticks Asiáticos

Joysticks Americanos/ Europeos	Industrias Lorenzo (HAPP)				Americano		Español
	Eurojoystick 2	Joystick Compacto	Joystick Magnético	Joystick Universal	Marca Blanca	Marca Baolian	
Gama	Alta	Alta	Alta	Alta	Media-Baja	Media	Media-Baja
Maneta	Larga y de metal. Embellecedor no desmontable	Larga y de metal. Longitud variable. Embellecedor desmontable	Larga, de hierro macizo. Longitud variable	Muy corta. Con embellecedor no desmontable	Larga y de metal. Embellecedor desmontable	Larga y de metal. Embellecedor desmontable	Muy larga. De hierro. Sin embellecedor
Base	Robusta y de PVC. Compuesta de muelles de dureza media	Robusta y de PVC. Compuesta de muelles de dureza media-baja	Muy robusta y de hierro. Compuesta por imanes	Doble. No necesita tornillos para anclado	De PVC. Mecanismos de muelles de dureza media	De PVC. Mecanismos de muelles de dureza media. Muy superiores a la marca blanca	De PVC no muy robusta. Mecanismos de muelles de dureza media
Número de Direcciones	8	8 ó 4	8 ó 4 y de fácil cambio	8 ó 4	8 ó 4	8 ó 4	8 ó 4
Microswitch	Dureza baja. Visibles	Dureza baja. Visibles	Dureza baja. Visibles	Dureza media-alta. Visibles	Dureza baja. Visibles	Dureza baja. Visibles	Dureza baja. Visibles
Conexión	A cada faston de los <i>micro-switches</i>	A cada faston de los <i>micro-switches</i>	A cada faston de los <i>micro-switches</i>	A cada faston de los <i>micro-switches</i>	A cada faston de los <i>micro-switches</i>	A cada faston de los <i>micro-switches</i>	A cada faston de los <i>micro-switches</i>
Dureza	Media	Media-Baja	Muy alta	Muy alta	Media-Baja	Media	Media-Baja
Recorrido	Medio	Medio-Largo	Muy corto	Corto	Medio	Medio	Largo
Juegos	Bueno para todo el género arcade	Multiusos. Destaca en los "Beat 'em up"	Juegos de lucha, de naves y clásicos de 4 direcciones	Para juegos que no requieran movimientos rápidos	Apto para todo. Cuesta la ejecución de diagonales	Apto para todo	Apto para todo. Cuesta la ejecución de diagonales

Tabla 6. Comparativa Joysticks Americanos/Europeos



6.2.2. Botones

Los botones de los mandos arcade se dividen en dos grandes tipos. Igual que con los joysticks, existen la variante asiática y la europea/americana. La elección entre una y otra queda totalmente en mano de los gustos del usuario salvo en el caso de que por limitaciones de espacio deba decantarse por la versión asiática, que presenta una longitud menor dado que no incorpora un *microswitch* en su parte inferior.

7.2.2.1. Botones asiáticos

Sus principales características son:

- El mecanismo encargado de transmitir la pulsación a la interfaz es un conmutador de contacto integrado en el botón en vez de un *microswitch*. Es difícil de desmontar.
- No hacen ruido al ser presionados.
- El diámetro de instalación es de 30mm.
- Su anclaje al panel donde se instalan se hace mediante empotramiento o rosca.
- Todos son convexos.
- Disponen de 2 terminales de conexión de 2,8mm en su extremo inferior.

7.2.2.2. Botones europeos/americanos

Se caracterizan por:

- Llevan un *microswitch* como componente encargado de transmitir las pulsaciones a la interfaz. Fácilmente extraíble y desmontable.
- Hacen ruido al pulsarlos. Al presionarlos existe una pequeña oposición (la que presenta el pulsador del *microswitch*) que al ser superada emite el tradicional sonido de “clic”.
- Su diámetro de instalación es de 28mm.
- Su fijación al panel de juego es en todos los casos mediante rosca.
- Pueden ser convexos o cóncavos.

- Disponen de 3 terminales de conexión de 6,35mm situados en el *microswitch*.

6.2.3. Interfaces

Una interfaz (o *encoder*) es una placa de circuito impreso que permite compatibilizar un mando arcade con todo tipo de dispositivos de juego, como consolas, ordenadores convencionales u ordenadores de placa reducida, incluida la Raspberry Pi (donde su uso es opcional). En el caso de utilizar como dispositivo de juego una placa de juego original, el uso de una interfaz no será necesario.

7.2.3.1. Partes de una interfaz

Estas placas de circuito impreso están compuestas principalmente por conectores o pines, tanto de entrada como de salida. En las entradas se conectan tanto los joystick como los botones. En las salidas, en cambio, se conectan los cables que a su vez van conectados al dispositivo de juego.

En la mayoría de casos, no es necesario soldar para realizar las conexiones, hecho que facilita mucho su implementación.

7.2.3.2. Características a tener en cuenta

A la hora de elegir la interfaz que más se ajuste a sus necesidades, el usuario deberá conocer y tener en cuenta las siguientes variables que diferencian los distintos modelos del mercado:

- **Compatibilidad:** Cuántos más dispositivos sean compatibles con la interfaz elegida, mayor será el precio a pagar. Es importante, por tanto, saber qué enfoque se le quiere dar al proyecto, para no pagar un elevado precio cuando simplemente se quiere usar el mando arcade en un dispositivo de juego.
- **LAG:** El LAG es el retardo que presenta la interface para reproducir en pantalla cualquier movimiento o pulsación realizada en el mando arcade. Se mide en milisegundos y cuanto menor sea, mayor será el precio de la interfaz.
- **Voltaje de entrada:** Algunas interfaces ofrecen un voltaje de salida que suele ser de 5V. Esto se usa, por ejemplo, para simplificar el proceso de conexión y configuración de botones iluminados o ventiladores, entre otros.
- **Conexionado:** Es el tipo de los diferentes puertos de una interfaz, mediante los cuales se realizarán las conexiones con los diferentes componentes. Dependiendo



de la interfaz, el conexionado puede ser más simple o más complejo. Éste se realiza mediante conectores de uno a tres pines, que permiten la conexión de los cables provenientes de los botones y joysticks. Además de estos pequeños conectores, las interfaces también presentan un conector de salida, normalmente del tipo USB, al cual se conecta el cable que a su vez va conectado con el dispositivo de juego. La ventaja para un usuario novel es que estos pequeños conectores de uno a tres pines no requieren del uso de un soldador para realizar las conexiones de los correspondientes cables.

- **Número de Jugadores:** Es el número de jugadores que se pueden conectar a una misma interfaz.
- **Funciones “AUTO”, “TURBO”, “MODE” y “CLEAR”:**
 - **“AUTO”:** Permite automatizar la acción que produce un botón del mando, haciendo que quede siempre activa. Es decir, equivale a dejar pulsado un botón de acción. Para activar esta opción es necesario mantener presionado el botón conectado a la función auto y, a la vez, pulsar el botón vinculado a la acción que se quiera automatizar. De esta manera dicha acción queda automatizada.
 - **“TURBO”:** Al activar esta opción para un botón de acción, se consigue que simplemente manteniendo presionado el botón la acción vinculada a éste se realice continuamente como si se estuviera pulsando repetidamente dicho botón. Su activación se realiza de la misma manera que la función “AUTO”.
 - **“MODE”:** Esta función permite cambiar el comportamiento del joystick entre analógico y digital. En digital únicamente podrá marcar las 8 direcciones principales, mientras que en analógico podrá marcar todo el rango de direcciones. Un ejemplo de joysticks analógicos son los que incluyen en sus mandos las consolas como la Play Station 4 o la XBOX. Para cambiar entre un modo u otro es necesario tener un botón exclusivo conectado a la función “MODE”. Por defecto las interfaces vienen de serie en modo digital.
 - **“CLEAR”:** Al pulsar el botón vinculado a la función “CLEAR” se desactivan las funciones “AUTO” y “TURBO” reseteando los botones de acción a los que habían sido asignadas.

Información obtenida de la página Arcadexpress (<https://www.arcadexpress.com/>) (Arcadexpress, 2020)

7.2.3.4. Principales modelos

A continuación se muestra una comparativa de las características de los modelos más destacados del mercado.

Interfaces	Brook Universal Fighting Board	Xin Mo				Zero Delay				
		Original 2 Jugadores	Original 1 Jugador	OEM 2 Jugadores	OEM 1 Jugador	Compatible	Led 1 Jugador	Led 2 Jugadores	Básica	Con Voltaje
Número de Jugadores	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1
Compatibilidad	PC, Raspberry Pi, Xbox One, Xbox 360, PS3, PS4, Wii U	PC, Raspberry Pi, PS3	PC, Raspberry Pi, PS3	PC, Raspberry Pi, PS3	PC, Raspberry Pi, PS4	PC, Raspberry Pi, PS2, PS3, Android, Xbox 360	PC, Raspberry Pi, PS3, Android	PC, Raspberry Pi, PS3, Android	PC, Raspberry Pi, PS3, Android	PC, Raspberry Pi, PS3, Android
Botones por Jugador	8	12	12	12	13	12	12	10	12	12
Funciones	TURBO, MODE	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Voltaje de salida	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí
LAG (ms)	1	4,2	4,2	4,2	4,2	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9
Puerto SANWA	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Salidas	USB tipo B / 4 pines / 5 pines	Micro USB	Micro USB	USB tipo B	USB tipo B	4 pines	5 pines	5 pines	4 pines	4 pines

Tabla 7. Comparativa principales modelos de Interfaces

6.2.4. Distribuciones

La distribución de un mando arcade se refiere a la disposición de los elementos del panel principal (botones y joysticks principalmente). Ésta debe ser elegida por el usuario en función de sus gustos y necesidades. En este apartado se exponen aquellas consideraciones que el usuario deberá conocer y tener en cuenta para poder elegir de la manera más acertada la distribución que más se adecúe a dichas necesidades.

En primer lugar, entra en juego el dimensionamiento. Es decir, el tamaño del panel y la distancia entre elementos (botones, botones y joysticks, y controles de un jugador y de otro) que se deberán elegir en consecuencia a éste y a los requerimientos de comodidad del propio usuario. Según la comunidad del foro zonaarcade.forumcommunity.net no se debe dejar una distancia entre botones inferior a 5 mm y la distancia mínima recomendada



para la separación entre los controles de un jugador y de otro (en caso de que sea un panel para dos jugadores) es de 150mm.

Visto el dimensionamiento, el siguiente aspecto que debe considerar el usuario en cuanto a la distribución de los controles arcade se refiere es el tipo de juegos que va a usar en su consola. Antigamente cada máquina recreativa tenía una disposición de botones propia de ésta o de la marca fabricante y servía para jugar únicamente a un título. Si el usuario busca reproducir a la perfección la experiencia de jugar en esos paneles a un título concreto, deberá decantarse por distribuciones específicas muy enfocadas a dicho título y poco versátiles. Otro tipo de distribuciones son aquellas enfocadas a un género de videojuegos en general y no a un único título. Por último, si su intención es jugar a amplias variedades de juegos de diferentes géneros, deberá optar por distribuciones más neutras, no idóneas para ningún título pero válidas para todos la vez.

Se adjuntan en los anexos las plantillas para mandos arcade más comunes y famosas.

Una última consideración a tener en cuenta es la inclusión de botones adicionales para funciones específicas. Estos son independientes de los botones de acción principales de cada jugador y pueden cumplir funciones como las mencionadas anteriormente de las interfaces ("MODE", "TURBO", "AUTO", "CLEAR"), como otras más típicas de videoconsolas (pausa, salir, reiniciar), otras más características de las recreativas (créditos¹, "slot"²) u otras más propias de los emuladores (guardar, cargar, configuración).

Desde la comunidad, y considerando un enfoque del proyecto hacia el perfil de máquina recreativa (dado que se pretende incluir los controles típicos de éstas), se recomiendan tres configuraciones en función de la predisposición del usuario por complementar su proyecto. Éstas son:

- **Básica:** Con las funciones de créditos y salir.
- **Media:** Con las mismas funciones que la configuración básica, más un botón de pausa.
- **Avanzada:** Además de las mencionadas en las dos configuraciones anteriores, se

¹ Originalmente las máquinas recreativas funcionaban a base de monedas. Actualmente, en los proyectos de emulación, el botón crédito tiene la función de reproducir en la consola el acto de insertar una moneda.

² Tanto algunos videojuegos como emuladores como máquinas recreativas incluyen una serie de ranuras o huecos de memoria en los que guardar distintas partidas.

añaden funciones de configuración, guardar, reiniciar, cargar y “slot”.

Las tres configuraciones mencionadas son una pauta orientativa; en cualquier caso, el usuario debe conocer las diferentes funciones mencionadas y elegir para su consola aquellas que considere que son óptimas para sus gustos y necesidades.



6.3. Materiales de construcción

Como ya se ha mencionado anteriormente, hay gran variedad de materiales aptos para la construcción del mueble de una consola del tipo hdmi arcade. En este trabajo, dadas las herramientas a las que se tiene acceso y visto el perfil de usuario al que se debe enfocar, se ha valorado la madera como mejor opción. Su precio, robustez y facilidad para trabajarla la convierten en una de las mejores opciones. En la siguiente tabla se comparan las características de diversos tipos de madera perfectamente válidos para la tarea.

	Durabilidad	Resistencia	Densidad	Facilidad para trabajarla	Aspereza	Precio
Pino	Muy baja	Media	Baja	Alta	Baja - Media	Bajo
Álamo	Baja	Media	Baja	Alta	Baja	Bajo
Roble	Alta	Alta	Alta	Media	Alta	Medio
Cerezo	Media	Media	Media	Media	Baja	Medio
Arce	Alta	Alta	Alta	Baja	Baja	Medio
Nogal	Alta	Alta	Alta	Baja	Baja	Medio
Caoba	Media	Media	Media	Media	Media	Medio
Tilo	Baja	Media	Baja	Alta	Baja	Bajo
MDF	Alta	Alta	Alta	Media	Muy baja	Muy bajo
HDF	Alta	Alta	Muy Alta	Media	Muy baja	Muy bajo
Contrachapado	Alta	Alta	Media	Media	Media	Bajo

Tabla 8. Comparación de las propiedades de distintos tipos de madera (Joystick Controller Page, 2008 - 2009)

Destacar que el MDF (*medium-density fiberboard*) y el HDF (*high-density fiberboard*) son maderas sintéticas, no macizas, que presentan muy buenos resultados y son de los tipos más usados para la construcción de muebles como el estudiado en este trabajo, pero tienen la desventaja de tener un aspecto poco atractivo con lo que requieren del uso de embellecedores como vinilos o pintura para mejorar su apariencia.

Por tanto y como conclusión, si el usuario busca un acabado bonito sin necesidad del uso de embellecedores, deberá optar por maderas naturales macizas. Si su prioridad es el bajo coste y no pretende hacer un uso intenso de la consola, deberá optar por maderas como el pino o álamo, siendo el álamo algo mejor opción. Si, en cambio, va a darle un uso intenso a la consola, como por ejemplo con juegos multijugador del tipo “lucha-versus”, deberá optar por maderas más caras pero que a su vez ofrecen mejores cualidades, como el nogal o el arce. Por otro lado, si desde un inicio el usuario tiene la intención usar embellecedores como vinilos o pintura en su consola, la mejor opción es usar madera MDF, cuyo único punto negativo es su apariencia, que no tendría importancia en este caso.

6.4. Sistemas Operativos

Los sistemas operativos más utilizados en los proyectos de emulación basados en una Raspberry Pi son RetroPie, Recalbox y Lakka. En la *Tabla 9* se destacan algunas características que pueden ayudar al usuario a decantarse entre las diferentes alternativas.

	RetroPie	Recalbox	Lakka
Facilidad de uso		X	
Personalización	X		
Listo para jugar		X	X
Compatibilidad Hardware			X
Compatibilidad Emuladores	X		
Comunidad	X		

Tabla 9. Muestra de qué sistema operativo destaca en cada aspecto (Omniretro, s.f.)



Destaca la conclusión presentada en omniretro sobre los distintos sistemas operativos: “En conclusión, RetroPie, Recalbox, Batocera y Lakka están adaptados a diferentes grupos de usuarios. Lakka es el más adecuado para usuarios experimentados, mientras que Batocera y Recalbox son los mejores para principiantes. Por lo tanto, RetroPie es un sistema que debería satisfacer tanto a los usuarios experimentados como a los principiantes. Gracias a sus enormes recursos de ayuda, RetroPie es una buena opción para todos los usuarios, además existen muchas imágenes compiladas por usuarios que incluyen personalizaciones de todo tipo.” (Omniretro, enero 2020).

6.4.1. RetroPie

Es la opción más completa de las tres; la que da más libertad y posibilidades de personalización y la que tiene compatibilidad con mayor número de emuladores. Esto puede ser visto como una ventaja si se domina la navegación y configuración de este sistema operativo pero, a la vez, presenta un gran problema para usuarios noveles que buscan algo del estilo *plug and play*.

6.4.2. Lakka

Soluciona algunos de los problemas mencionados de RetroPie, ofreciendo una experiencia *out of the box* mucho mejor. Además, no requiere de la configuración de los mandos. Su aspecto visual es exacto al menú que ofrece la empresa Sony en sus productos como Play Station 3 y Play Station 4, con lo que es idóneo para los amantes de éstas.

6.4.3. Recalbox

Igual que Lakka, pretende ser una alternativa a RetroPie para todo aquel usuario que no quiere ningún tipo de complicación con la configuración del software de su videoconsola. La experiencia *plug and play* es total, viniendo totalmente configurado de serie. Esto puede ser un inconveniente para algunos, ya que las posibilidades de personalización son muy reducidas. Recomendado sobre todo para usuarios iniciándose en el mundo de las videoconsolas basadas en emulador.

7. Implementación

7.1. Material y características de diseño seleccionados

El material y las características de diseño seleccionados para el ensamblaje han sido elegidas en base al perfil de usuario definido en puntos anteriores y las posibles alternativas de diseño planteadas para éste. El procedimiento del proceso de ensamblaje pretende ser independiente a los modelos de los componentes seleccionados, pudiendo así ser útil para el usuario aún y no elegir exactamente los mismos u optar por distribuciones de botones y/o conexiones distintas.

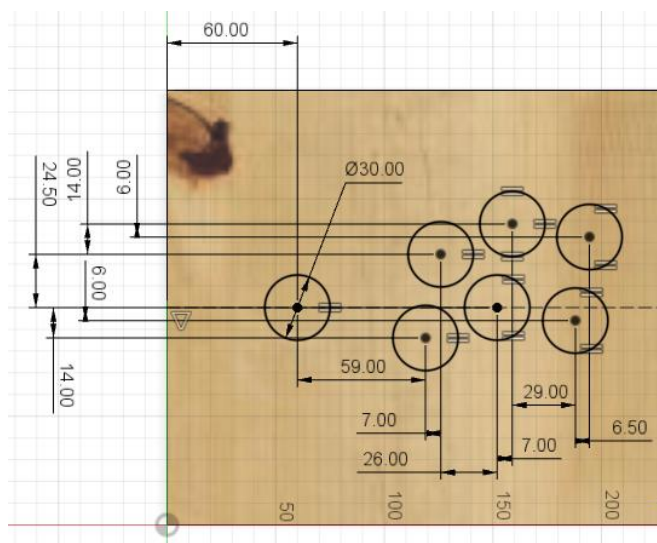
Definido el perfil de usuario y valoradas las alternativas de diseño planteadas se ha procedido a seleccionar aquellos componentes y características de diseño que se han considerado más apropiados de todos los estudiados.

- **Tipo de videoconsola:** Dados los resultados obtenidos en la encuesta realizada, donde se puede apreciar una alta predisposición de los encuestados para la realización de un proyecto que implique un cierto proceso de ensamblaje, siempre y cuando éste se mantenga sencillo y dentro de unos rangos de precio reducidos, se ha optado por proceder con el ensamblaje de una consola con formato hdmi arcade con controles para dos jugadores. Se descartan pues el formato de consola tradicional, dada su extrema sencillez y la consideración, por tanto, de que no es necesaria una guía elaborada para su ensamblaje y la recreativa estilo bartop, ya que aún y requerir de un manual de instrucciones para ser montada, supone unas complicaciones que exceden la predisposición observada de la muestra de población encuestada.
- **Ordenador de placa reducida:** Como ordenador para ejecutar el proyecto se ha optado por la Raspberry Pi. Su precio, dentro de un rango que permite desarrollar el proyecto en los límites establecidos según el perfil de usuario, la alta compatibilidad que ésta presenta con los sistemas operativos existentes y su alta disponibilidad en el mercado han sido los factores determinantes en esta decisión.
- **Material de fabricación:** Como material para la fabricación del mueble que se ha elegido madera de pino maciza con el objetivo de darle únicamente un acabado de barniz, abaratando así el coste dado que la inclusión de embellecedores para la superficie de la madera pasa a ser innecesaria. Otras opciones pueden ser otras maderas como el MDF, que es la más utilizada para la construcción de este tipo de



muebles, pero requiere de la inclusión posterior de embellecedores como vinilos y cubre-cantos, o materiales como metal o metacrilato, que dan un acabado más profesional pero son más difíciles de trabajar que la madera y se alejan de las características requeridas por el perfil de usuario definido.

- **Joysticks:** Los joysticks seleccionados son imitaciones de los fabricados por Sanwa. Se ha optado por estos dado su reducido precio y la simplificación de conexionado que ofrecen respecto a otros fabricantes. Además, sirven para un gran surtido de videojuegos.
- **Botones:** Dada la elección de los joysticks, se ha optado por elegir los botones correspondientes, es decir los asiáticos. Como punto a destacar, su reducida longitud respecto a los europeos permite que la distribución de los componentes en el interior de la caja sea más sencilla de cuadrar, evitando entorpecimientos entre ellos.
- **Distribución:** Dado el perfil de uso genérico que se le quiere dar a la videoconsola en este caso y al tipo de botones y joysticks adquiridos, se ha optado por una distribución estándar japonesa de seis botones. Estos están ubicados de forma ergonómica para la mano, de manera que cada columna está a una altura distinta y la fila superior tiene un pequeño desplazamiento a la derecha respecto a la inferior. A continuación se muestra un plano de dicha distribución. En cuanto a la configuración de los botones de servicio, se ha decidido usar una configuración básica de tres botones, ubicados en la parte central superior del panel principal. Se ha dejado una distancia respecto a los bordes laterales de 60mm en ambos lados, siendo ésta suficiente para garantizar la comodidad al jugar.



Il·lustració 4. Distribució elegida per joysticks i botons de acció corresponent a l'estàndar japonesa

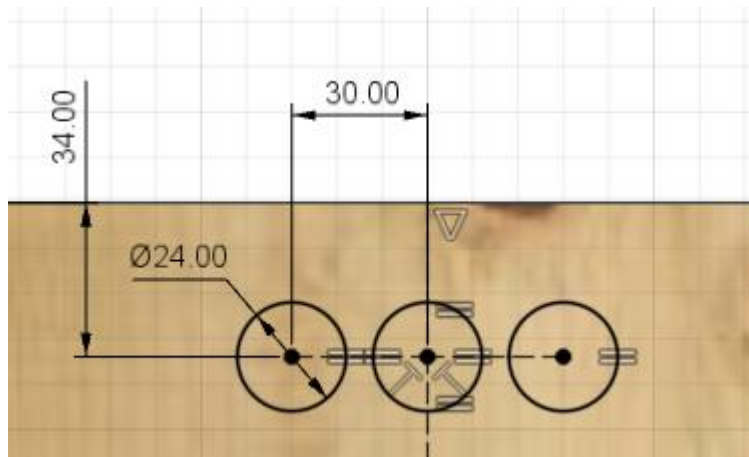


Ilustración 5. Distribución elegida para los botones de servicio

7.2. Proceso de ensamblaje

7.2.1. Diseño y construcción de la carcasa

El primer paso del proceso de fabricación, una vez seleccionados los elementos y características a implementar, es proceder con el diseño de la carcasa que contiene todos los componentes de la videoconsola. Para este caso, y dadas las herramientas a las que se ha tenido acceso, se ha diseñado con el software Autodesk Fusion 360. Éste cuenta con acceso gratuito para estudiantes y una buena compatibilidad con herramientas de fresado por control numérico, factores determinantes a la hora de elegir el más adecuado.

Las medidas seleccionadas han sido de 600mm de ancho, para permitir que puedan jugar dos personas de manera cómoda, 20mm de profundidad, para que quepan los mandos arcade y quede espacio suficiente para poder reposar la mano al jugar, y 10mm de alto, garantizando así espacio suficiente en el interior de la caja para todos los componentes. A parte del diseño de la distribución del mando arcade mencionada en el punto anterior que se ha realizado en el panel superior, también se han tenido que considerar operaciones de corte en el panel posterior, donde están las conexiones y las bisagras que permiten abrir y cerrar la caja. Como mecanismo de cierre se han seleccionado imanes.



Il·lustració 6. Visió en perspectiva del disseny del prototip en Fusion360. Vista frontal y superior.



Il·lustració 7. Visió en perspectiva del disseny del prototip en Fusion 360. Vista superior y trasera.

A continuación se explica el proceso para ensamblar el mueble en caso de elegir como material de construcción madera.

Utilizando el diseño y planos creados en Fusion 360, se cortan las piezas del tamaño indicado. Para las uniones, en este caso, se ha usado pegamento adhesivo de montaje para todo tipo de materiales y escuadras sujetas con tornillos en la parte interior. En la siguiente figura se muestra una esquematización del tipo de unión utilizado.



Ilustración 8. Esquema de la unión entre piezas utilizada en la construcción del mueble

Existen otras alternativas, pero se ha optado por ésta dado que no deja marcas en las superficies exteriores ni cabezas de tornillos a la vista.

Este método ha sido usado para la construcción del mueble en su totalidad a excepción del panel superior, que se usa de compuerta para acceder al interior y que se sujeta gracias a unos topes instalados en su parte inferior, las bisagras y unos imanes. En este caso concreto se ha optado por instalar la apertura a través del panel superior dado que no se pretende hacer un uso exhaustivo de la consola y dado el carácter expositivo que ésta tendrá. Se recomienda, para usos más intensivos (sobre todo si se pretenden usar juegos de lucha versus), instalar la apertura del mueble por la parte inferior o mediante una compuerta en la parte trasera.

7.2.2. Componentes electrónicos

Los componentes electrónicos se dividen en 3 grupos según la función de la consola que ayudan a desempeñar. Dicha función puede ser alimentar la consola, llevar la señal de imagen a un monitor externo o formar parte de los mandos arcade. A continuación, se explica y esquematiza cada uno de ellos.



8.2.2.1. Mando arcade

Dados los componentes del mando arcade seleccionados, el montaje y puesta en marcha de estos será un proceso del tipo *plug&play* (“conectar y jugar”) ya que no necesitan de soldaduras y la configuración requerida es mínima. Tanto los botones como los joysticks se conectan a la interfaz, siendo así ésta el único componente que requiere ser conectado a la Raspberry Pi. Este proceso se realizará para ambos mandos.

A continuación se adjunta un esquema de las conexiones de la interfaz utilizada:

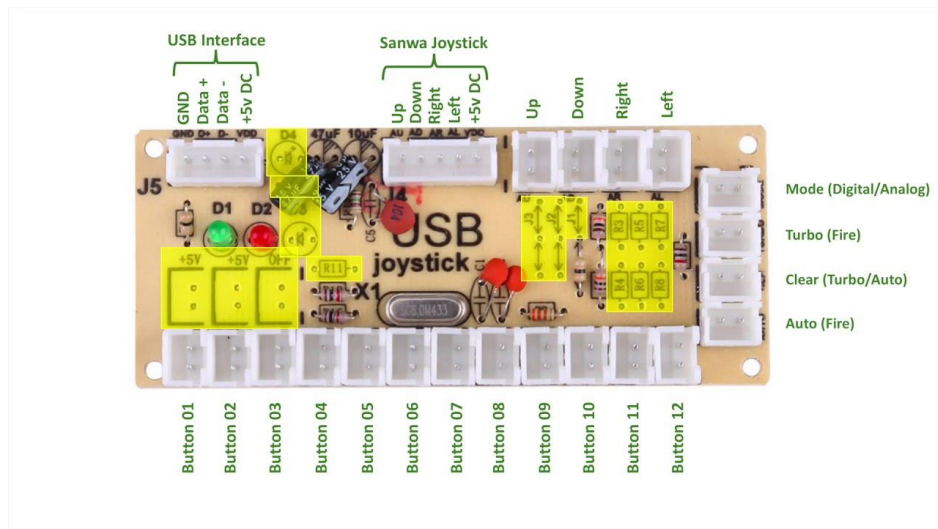


Ilustración 9. Conexiones ofrecidas por la interfaz básica de Zero Delay utilizada en el proyecto

Cada tipo de componente dispone de un cableado de conexión distinto. La interfaz se conecta a la Raspberry Pi mediante una salida de 4 pines a su puerto USB. Los joysticks utilizan la misma conexión que el fabricante sanwa, un cable de 5 pines a ambos extremos. Por último, el cableado de los botones dispone de dos conectores “faston” independientes a un extremo que se juntan en un puerto de 2 pines mediante el cual se conectan a la interfaz.

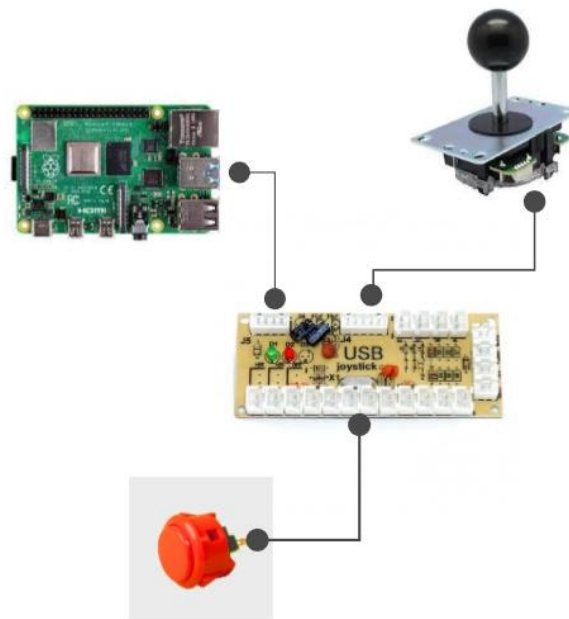


Ilustración 10. Esquema de conexiones para cada mando que se quiera incorporar al proyecto. En este caso se muestra la conexión de un único botón.

Para el montaje del joystick en el panel es necesario retirar la bola de su extremo superior, insertarlo por debajo del panel principal y asegurarlo con tornillos a éste. En función de la longitud del joystick elegido, existe la posibilidad de que, con un panel principal de un cierto grosor, el joystick sobresalga muy poco. En este caso, el usuario deberá rebajar el grosor del panel ahí dónde vaya anclado el joystick para garantizar la altura que considere cómoda para el uso de la consola.

Para el montaje de los botones elegidos, solo es necesario haber realizado los agujeros correspondientes en las posiciones deseadas del panel principal e instalarlos a presión desde la parte superior. Una vez colocados en sus respectivas posiciones, en ningún caso antes, el usuario puede proceder a realizar el conexionado de todos los botones.

8.2.2.2. Circuito de alimentación

El circuito de alimentación es el único componente eléctrico opcional que se ha elegido incorporar al proyecto. Los componentes adquiridos para la implementación de éste han sido un conector tipo iec320 c14 con interruptor y fusible de seguridad incorporados y una base de tres enchufes. La regleta se ubica en el interior de la caja, mientras que el interruptor se instala en la carcasa a presión y desde el exterior. Es necesario realizar una apertura en el panel trasero del tamaño correspondiente. Igual que los botones, se procede

con el conexionado de éste una vez se ha colocado en el panel. De esta manera se pretende que la consola se pueda encender con un botón externo sin necesidad de acceder al interior de ésta.



Ilustración 11. Partes frontal y trasera del conector de alimentación y botón de encendido

El esquema de la conexión a realizar para implementar este método de encendido y apagado es el siguiente:

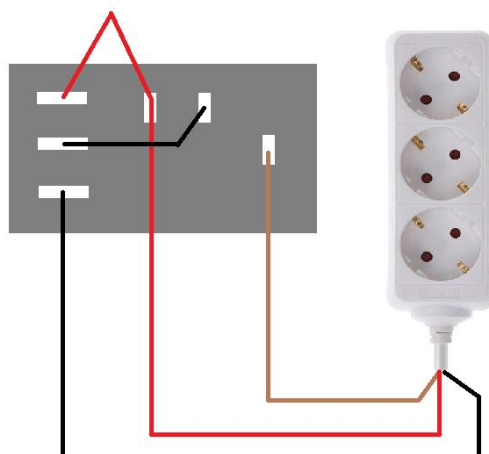


Ilustración 12. Esquematización de las conexiones a realizar para conectar el botón de encendido a la regleta distribuidora

Donde el cable rojo representa el cable neutro (en la actualidad suele ser un cable azul), el cable negro representa el de fase (puede ser negro, marrón o gris) y el marrón representa el cable de toma a tierra (actualmente es verde y amarillo, pero se ha representado de color marrón dada la poca visibilidad del amarillo sobre un fondo blanco).

Una vez implementadas las conexiones mostradas en la *Ilustración 12*, ya se podría conectar a ésta la fuente de alimentación de la Raspberry Pi.

8.2.2.3. Salida de imagen

El objetivo de esta parte es llevar el puerto mini hdmi de la Raspberry Pi hasta el borde de la carcasa, de modo que éste sea accesible desde el exterior. Para ello, se utiliza un cable con conexión hdmi hembra en un extremo y macho en el otro. El lado de la conexión hembra debe quedar montado desde dentro al borde de la carcasa, siendo accesible desde fuera mediante una apertura en la cara trasera de la consola, mientras que el otro extremo se conecta a un adaptador de hdmi a mini hdmi que ya puede conectarse a la Raspberry Pi.

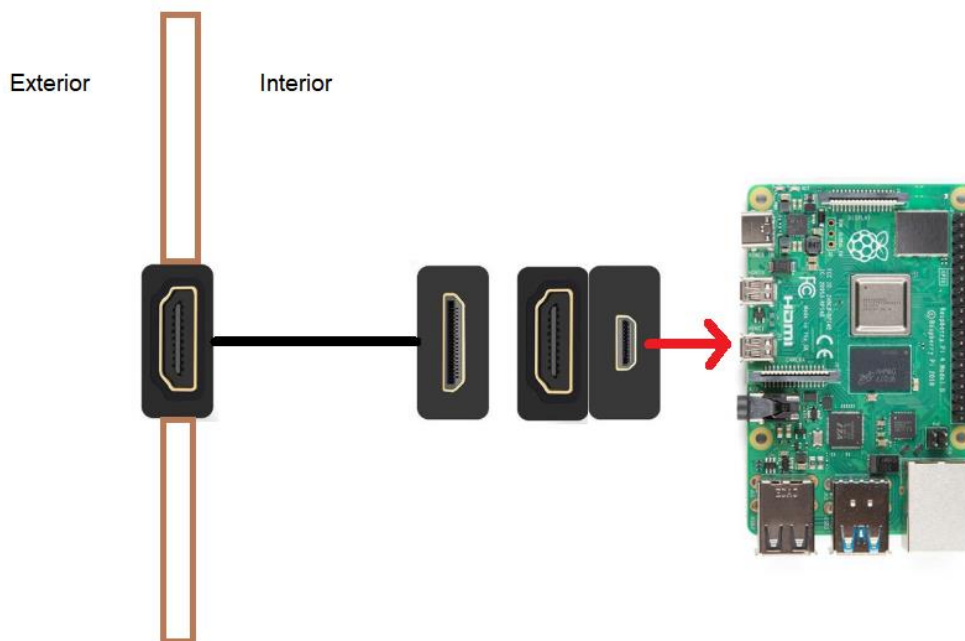


Ilustración 13. Esquematización de las conexiones para la salida de imagen

7.2.3. Instalación del sistema operativo

Para la instalación del sistema operativo es necesario un ordenador y una tarjeta micro SD a poder ser de 64GB, aunque con 32GB o incluso 16GB puede ser suficiente, ya que únicamente es utilizada para el sistema operativo; los juegos van a parte. Sea cual sea el sistema operativo elegido, el proceso de instalación es el mismo, lo que cambia entre uno y otro es la configuración y puesta en marcha posterior.

El proceso de instalación es bastante sencillo. Éste consiste en descargar la imagen con extensión IMG del sistema operativo elegido y grabarla en la tarjeta micro SD. Para ello, la única herramienta necesaria es un programa que permita formatear la tarjeta y hacer el posterior grabado. Algunos de los muchos programas que permiten realizar esta tarea son: Free ISO Burner (<http://www.freeisoburner.com/>), Win32 Disk Manager (<https://win32diskimager.download/>) o UNetbootin (<https://unetbootin.github.io/>). Todos ellos gratuitos.

El usuario debe tener en cuenta que al grabar el archivo IMG en la tarjeta micro SD, toda la información previamente almacenada en ésta es eliminada, con lo que es conveniente, en caso de no estar usando una tarjeta nueva, haber realizado una copia de todo lo que pudiese contener.

7.2.4. Configuración final y puesta en marcha

Para la configuración y puesta en marcha de la consola únicamente es necesario conectarla a un monitor, a una toma de corriente y encenderla. La Raspberry Pi detecta automáticamente el sistema operativo instalado en la tarjeta micro SD y lo carga. Tanto si se ha optado por RetroPie como por Lakka, lo único necesario es configurar los mandos arcade en el menú correspondiente, indicando qué función realiza cada botón. Es recomendable configurar los botones equivalentes de ambos mandos con la misma función para evitar confusiones. En cambio, si se ha optado por Recalbox, ni siquiera es necesaria la configuración de los mandos.

8. Normativa y Términos Legales

8.1. Hardware

Para el caso de este proyecto, el hardware es un aspecto diseñado y/o comprado por el propio usuario. A partir de las indicaciones y recomendaciones que se dan en este trabajo, el usuario debe elegir y realizar su proyecto en base a aquellas características que considere más afines a sus gustos e intereses. La carcasa es de fabricación casera en su totalidad y los controles arcade son descritos por los propios vendedores y fabricantes como productos para desarrollar proyectos, igual que la Raspberry Pi, ordenador desarrollado con éste como principal objetivo.

Por tanto, no hay ningún tipo de normativa ni términos legales que limiten la capacidad del usuario para desarrollar el proyecto a nivel de hardware.

8.2. Software

A diferencia de con el hardware, con el software el usuario sí que debe tener algunos aspectos en cuenta. El software para la realización de la videoconsola se divide en tres grupos. En primer lugar el sistema operativo, en segundo los emuladores y en tercer los videojuegos a instalar, también llamados ROMs (*Read Only Memories*). A continuación, se detalla la normativa vinculada a cada uno de estos:

- **Sistemas Operativos:** Los sistemas operativos estudiados son distribuciones basadas en el sistema operativo de código abierto *GNU's Not Unix–Linux* (GNU-Linux), sujeto a la normativa *GNU General Public License* (GNU GPL). Ésta es una licencia de derecho de autor usada en el mundo del software libre y código abierto que garantiza a los usuarios finales la libertad de usar, estudiar, compartir y modificar el software y a su vez lo protege de intentos de aprobación que restrinjan de esas libertades a nuevos usuarios cada vez que la obra es distribuida, modificada o ampliada.

Visto esto, por tanto, el usuario tiene total libertad para descargar, instalar, modificar e incluso ampliar el sistema operativo basado en Linux que decida usar en su videoconsola.



- **Emuladores:** Ha habido bastantes dudas en torno a la legalidad de estos, pero actualmente son legales. Tanto en Reino Unido como en Estados Unidos ha habido sentencias que confirman que es legal implementar código que emula una consola en otro ordenador, aunque para desarrollar ese código no se puede usar el código de las máquinas originales, hecho que ha obligado a recurrir a técnicas como la ingeniería inversa para su desarrollo.

Destaca en este sentido un artículo redactado en un informe titulado “Jurisprudencia Española y Estadounidense acerca de la Protección Jurídica de los Videojuegos y su Originalidad”, que dice lo siguiente:

“En este apartado nos referiremos a algunas de las Sentencias estadounidenses que influenciaron la propagación de técnicas mediante las que ha sido posible alterar la composición de videojuegos para traspasar sus medidas de seguridad, en pos de conseguir una interoperabilidad que los desarrolladores y fabricantes de consolas no deseaban, debido a que gracias a ella se pueden reproducir copias de videojuegos distribuidas sin autorización. Por otro lado, también encontraremos aquí los fundamentos de la legitimidad de los emuladores. La normativa aplicada en estos casos se encuentra casi toda en la Ley de Copyright de Estados Unidos y en la Digital Millennium Copyright Act, en las que se han ido estableciendo los tipos de responsabilidad tanto penal como civil por infracciones del Copyright y los límites que pueden imponerse en el acceso a las obras por parte de los usuarios.

En Estados Unidos el tratamiento de la cuestión empezó antes de que la distribución ilegal de copias de videojuegos por internet fuera lo suficientemente relevante como para ser un foco de atención. De hecho, en primer lugar, centraremos nuestra atención en una disputa que trata de la protección de los medios de seguridad incluidos en una consola. Por ejemplo, en la sentencia de la Corte de apelaciones Atari Games Corp. v. Nintendo of America, 975 F.2d 832 (Fed. Cir. 1992), encontramos uno de los primeros casos en que se consideró la ingeniería inversa como un uso justo (fair use), del código del que se es propietario. En este caso, Tengen, creada como subsidiaria de Atari, comercializaba los videojuegos de la segunda.” (Álvarez, 2019)

- **Videojuegos (ROMs):** La descarga de ROMs es la parte del proyecto que más controversia genera en temas legales. Por un lado, es cierto que actualmente es imposible conseguir muchos títulos por medios legales, como la compra en una tienda ya sea física u online, dado que han dejado de estar en circulación pero, a la

vez, sin los derechos o permisos adecuados se está cometiendo un delito contra la propiedad intelectual. De hecho, muchos usuarios de este tipo de software defiende que es la única manera gracias a la cual muchos videojuegos siguen existiendo y se siguen jugando a día de hoy. Aunque existan algunas excepciones, en general las ROMs no son legales, hecho que hace que cualquiera que las distribuya, descargue o utilice en un emulador esté cometiendo delitos contra la propiedad intelectual. Como excepciones están la posible expiración del copyright, la liberación del desarrollo por parte de los creadores, o que el propietario del juego haya hecho una copia de seguridad (de un juego adquirido inicialmente por medios legales) y que sólo use en caso de absoluta necesidad. Bajarse una ROM, en cambio, por el hecho de tener el original no es aplicable como excepción.



9. Costes e Impacto Medioambiental

9.1. Impacto ambiental

En este apartado se evalúa el llamado Impacto Ambiental del proyecto (EIA). Al tratarse de proyectos a pequeña escala de fabricación casera, no es posible hacer el mismo control que si se tratase de una producción en masa industrializada. Aun así, es importante que el usuario conozca qué materiales está manipulando y cómo debe deshacerse apropiadamente de ellos una vez termine la vida útil del producto creado.

A continuación, se clasifican los distintos componentes utilizados según los métodos de reciclaje que deben ser aplicados cuando estos son desechados:

- **Caja de la consola:** El reciclaje de este componente dependerá de la elección de material que haya hecho el propio usuario. En el caso del prototipo ensamblado en este proyecto el material es madera. No se trata de ningún material perjudicial para el medio ambiente (en su estado natural, en caso de no haber sido tratada con barnices o productos derivados de polímeros), pero debe ser depositado junto a la basura orgánica, evitando así que acabe en sitios no destinados para ello.
- **Componentes electrónicos:** Esta división engloba tanto al ordenador de placa reducida, como a los cables, como a la interfaz utilizada, como a aquellos componentes electrónicos pertenecientes a los botones y joysticks. A diferencia de la madera, estos sí que contienen materiales perjudiciales para el medio ambiente y para la salud, como son el cadmio, el mercurio o el plomo. Existe una legislación específica (Legislación de los RAEE, 2018 (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos)), que define qué hay que hacer con cada tipo de ellos. A nivel de usuario, el procedimiento recomendado es llevar los componentes a un punto verde de recogida de residuos, donde serán separados y tratados correspondientemente.
- **Plásticos:** Tanto de los botones como de los joysticks, y aquellos embellecedores utilizados (vinilos, cubre-cantos) que también sean de este material. Aunque no se trate un material como algunos metales pesados que son especialmente perjudiciales, el plástico debe ser llevado a los contenedores correspondientes y, en caso de duda, a un punto verde donde podrán disponer de él como corresponde, dado el elevado tiempo de descomposición que tiene si acaba vertido donde no debe. Esto se debe a que hay muchos tipos de plásticos, pero no todos se pueden reciclar. En la página web reciclajesavi.es/ explican: “Para facilitar la separación de

los distintos tipos de resinas, todo objeto de plástico viene marcado con el Código de Identificación Plástico o RIC (*Resin Identification Code*). Este código consta de un número que sirve para identificar el tipo de resina y una serie de letras correspondientes a las siglas del tipo de polímero plástico. El número aparece dentro de un triángulo de cantos romos y debajo de este triángulo se ponen las siglas del tipo de polímero. Actualmente hay siete, y los marcados del 1 al 6 son reciclables de una forma relativamente fácil.” (Reciclajes Avi S.L.U, 2020)

9.2. Coste del Proyecto

En este apartado se exponen los costes de la realización de la totalidad del proyecto. Esto incluye la investigación, la redacción de la memoria, la preparación del manual y la dedicación al ensamblaje del prototipo. Se ha hecho una estimación a partir de las horas dedicadas a cada fase y contando un coste de 30€/hora.

Etapas	Horas	Coste
Investigación Previa	100 h	3.000,00 €
Redacción de la Memoria	160 h	4.800,00 €
Creación Manual	60 h	1.800,00 €
Construcción del Prototipo	40 h	1.200,00 €
Total	360 h	10.800,00 €

Se han estimado las horas dedicadas a la construcción del prototipo dado que no está totalmente acabado y configurado a fecha de entrega de esta memoria.

El coste total del proyecto asciende a 10.800€, sin contar el IVA.

9.3. Coste del Prototipo

Tras realizar el estudio de usuario se llegó a la conclusión de que el coste del prototipo a ensamblar debía estar alrededor de los 100 euros, y no superar en ningún caso los 150 euros. Vistos los costes de los componentes y materiales del mercado, conseguir mantenerse en ese rango de precio para el producto a crear se ha convertido en un reto. A continuación, se adjunta una tabla con todo lo que se ha adquirido, su precio, sus gastos de envío y el lugar de adquisición. Destacar que para poder mantenerse bajo precio límite, se ha tenido que optar por la compra de los componentes electrónicos del mando arcade de imitación. Hecho que en principio, para un usuario novel, no debería suponer ningún inconveniente. En cualquier caso, el usuario siempre tiene la opción de optar por otras



alternativas de calidades y diseños sin que eso afecte a su capacidad de seguir la guía creada para el ensamblaje de su prototipo.

La *Tabla 10* muestra desglose de los costes totales del prototipo:

Producto	Coste	Envío	Proveedor
Imprescindibles			
Raspberry Pi 4B	35,00 €	15,00 €	Kubii.es
Conector HDMI/Micro HDMI	3,75 €	0,00 €	Hiper Sitges
Kit Mandos Arcade	22,47 €	0,00 €	Aliexpress
Botón Encendido	0,80 €	1,20 €	Aliexpress
Tableros Madera	11,00 €	0,00 €	Leroy Merlín
Escuadras	2,50 €	0,00 €	Hiper Sitges
Salida Panel HDMI	9,00 €	3,00 €	Techinn.com
Regleta	5,00 €	0,00 €	Hiper Sitges
Pegamento Madera	6,00 €	0,00 €	Ferretería Local
Total Imprescindibles	95,52 €	19,20 €	114,72 €
Opcionales y Extras			
Ventilador, Disipadores, FA	13,99 €	0,00 €	Amazon.es
Cable Alimentación	2,50 €	0,00 €	Hiper Sitges
Imanes Cierre	2,00 €	0,00 €	Ferretería Local
Conectores Faston	0,65 €	0,00 €	Hiper Sitges
Bisagras	1,00 €	0,00 €	Hiper Sitges
Total Opcionales y Extras	20,14 €	0,00 €	20,14 €
Total	115,66 €	19,20 €	134,86 €

Tabla 10. Costes asociados a la adquisición de material para el ensamblaje del prototipo

10. Conclusiones y Futuros Proyectos

10.1. Conclusiones

El proyecto ha consistido en la investigación del mundo de las videoconsolas basadas en emulador con el objetivo de obtener el conocimiento necesario para el posterior desarrollo de un manual que permita al usuario ensamblar su propia consola.

Mediante el estudio del estado del arte de las consolas basadas en emulador se ha podido apreciar el alcance de estas tecnologías. Pese a que este trabajo se ha centrado en la emulación con ordenador de placa reducida, se han conocido gran variedad de alternativas ofrecidas en el mercado a las que el usuario tiene acceso, como pueden ser las placas originales, los ordenadores convencionales o incluso el concepto de la simulación. Además, se han podido apreciar las diferencias entre aquellos productos enfocados a un usuario novel y aquellos enfocados al público más profesional. En este sentido, destaca, sobre todo, la predilección del público profesional por mantener la originalidad en la manera de jugar a los videojuegos, con factores como las placas originales (en vez de usar un emulador en un ordenador convencional) o la preferencia en el uso de monitores de tubo en lugar de los monitores modernos de hoy en día.

Tras el estudio del estado del arte, se ha realizado una evaluación de la situación de mercado para las consolas basadas en ordenadores de placa reducida. El objetivo era observar qué ventajas e inconvenientes suponían diversos tipos de competencias para el manual a redactar tras la realización de esta memoria. Las conclusiones obtenidas muestran que los productos de bajo coste, principalmente consolas emuladoras de formato tradicional, acabadas o semiacabadas, ofrecen una rápida solución para aquel usuario que no esté dispuesto a realizar un proceso de ensamblaje por su cuenta. Por otro lado, no se aprecia ningún tipo de competencia con los fabricantes de recreativas, ya que ofrecen un producto muy distinto, aunque del mismo tema. Por último, se ha apreciado que la aparición de videotutoriales ha ayudado a aumentar la realización de proyectos DIY, suponiendo estos la principal competencia del motivo de este trabajo.

Posteriormente, se procedió con la realización de una encuesta a un conjunto de población de la cual se obtuvo un perfil de usuario al que se enfocaría el desarrollo del proyecto. El usuario definido tiene interés por los juegos retro y no descarta la opción de ensamblarse su propia consola emuladora siempre y cuando el proceso se mantenga lo suficientemente barato y sencillo como para poder realizarlo sin tener conocimientos previos en la materia.



Seguidamente, se procedió con la definición de un seguido de alternativas de diseño que, habiendo estudiado previamente el estado del arte, se consideraron adecuadas para el perfil de usuario. Se concretaron como opciones una consola de formato tradicional, una hdmi arcade o una bartop. Tras analizar y comparar las características que ofrecía cada una, se llegó a la conclusión de que la configuración óptima es la de hdmi arcade.

Habiendo concretado las características de la consola a desarrollar, con un coste alrededor de 100€ y nunca por encima de 150€, se ha descrito un proceso de ensamblaje y puesta en marcha enfocado en mantener una facilidad de realización y un coste dentro de los niveles definidos previamente.

Por último, en los anexos, se ha dejado planteada la estructura que se pretende seguir para el desarrollo del manual a redactar que permita al usuario ensamblar su propia consola sin necesidad de tener conocimientos previos en la materia. Por lo que al prototipo se refiere, dada la situación mundial actual de pandemia, no se han podido adquirir los componentes necesarios para su realización a fecha de entrega de esta memoria.

10.2. Futuros Proyectos

Habiendo realizado el estudio e investigación del mundo de las videoconsolas basadas en emulador y su proceso de ensamblaje en proyectos del tipo DIY, el siguiente paso es poner en práctica los conocimientos adquiridos mediante la redacción de un manual sobre el proceso de ensamblaje enfocado al usuario definido en la memoria.

El planteamiento del manual consiste en ser lo más sencillo posible, permitiendo, a la vez, el montaje de la consola de principio a fin. Por tanto, esta memoria debe servir de base para plantear y saber cómo explicar todo el procedimiento necesario para que un usuario sin conocimientos previos en la materia pueda desarrollar su consola. Complementariamente, se pretende realizar el prototipo con los conocimientos adquiridos para analizar de manera práctica el proceso de ensamblaje y ver qué problemas se podría encontrar el usuario que son necesarios reflejar en el manual.

Por otro lado, una vez estudiado el mundo de las videoconsolas basadas en emulador y con toda la información que se ha recopilado a lo largo del desarrollo de esta memoria, se presenta la posibilidad de expandir el alcance de lo presentado en el manual a más tipos de consolas. En concreto, se plantea como opción más interesante la creación de uno enfocado a las bartop, teniendo siempre en cuenta que no es el tipo de consola que más se adapta al perfil de usuario definido en esta memoria.

Bibliografía

Referencias bibliográficas

- GamerDic. (5 de Abril de 2013). Recuperado el 25 de Marzo de 2020, de <http://www.gamerdic.es/>
- bit2me. (s.f.). *academy.bit2me*. Recuperado el 12 de Junio de 2020, de <https://academy.bit2me.com/que-es-fpga>
- Omniretro. (s.f.). *Omniretro*. Recuperado el 22 de Marzo de 2020, de <https://omniretro.com/>
- Álvarez. (2019). *Jurisprudencia Española y Estadounidense acerca de la Protección Jurídica de los Videojuegos y su Originalidad*. Recuperado el 18 de Junio de 2020
- Arcadexpress. (1 de Enero de 2020). *Arcadexpress*. Recuperado el 16 de Mayo de 2020, de <https://www.arcadexpress.com/blog/interfaces-el-secreto-para-conectar-tus-joysticks-y-botones-arcade/>
- Arcadexpress. (12 de 12 de 2019). *Arcadexpress*. Recuperado el 5 de Mayo de 2020, de https://www.arcadexpress.com/blog/la-guia-definitiva-para-elegir-el-mejor-joystick-arcade/#Joystick_Arcade_Espanol_spanish
- GameCentral. (12 de Febrero de 2013). *Metro.co*. Recuperado el 5 de Junio de 2020, de <https://metro.co.uk/2013/02/16/the-legality-of-emulation-part-1-readers-feature-3479741/>
- Joystick Controller Page. (2008 - 2009). *Slagcoin*. Recuperado el 4 de Junio de 2020, de <http://www.slagcoin.com/>
- Pastor, J. (16 de Noviembre de 2016). *Xataka*. Recuperado el 20 de Mayo de 2020, de <https://www.xataka.com/videojuegos/lo-retro-triunfa-la-gente-que-ama-las-viejas-consolas-esta-creando-nuevos-juegos-para-ellas>
- Pastor, J. (1 de Junio de 2020). *Xataka*. Recuperado el 6 de Junio de 2020, de <https://www.xataka.com/retro/cuando-emulacion-no-suficiente-mister-fpga-proyecto-que-logra-simular-todo-tipo-maquinas-clasicas-hardware>
- Pastor, J. (13 de Agosto de 2019). *Xataka*. Recuperado el 9 de Junio de 2020, de <https://www.xataka.com/videojuegos/emuladores-roms-y-el-debate-entre-la->

[nostalgia-el-amor-a-lo-retro-y-la-ilegalidad](#)

Mikonos. (25 de Marzo de 2009). *Zonaarcade*. Recuperado el 20 de Mayo de 2020, de <https://zonaarcade.forumcommunity.net/?t=25747532>

Reciclajes Avi S.L.U. (19 de Junio de 2020). *Reciclajesavi*. Obtenido de <http://reciclajesavi.es/tipos-de-residuos-plasticos-que-si-se-pueden-reciclar/>

Bibliografía Complementaria

Arcade Spain. Blog enfocado al mundo de las videoconsolas arcade. Recuperado el 28 de Marzo de 2020, de <https://arcadespain.info/Foro/index.php>

Arias, M. (4 de Enero de 2018). *Urbantecno*. Recuperado el 22 de Mayo de 2020, de <https://urbantecno.com/videojuegos/es-ilegal-jugar-videojuegos-emulador-roms-retro>

Bricogame. (17 de Marzo de 2020). *Página oficial del fabricante*. Obtenido de <http://www.bricogame.es/>

García, R. (16 de Febrero de 2020). *Adslzone: Alternativas a Raspberry Pi*. Recuperado el 16 de Marzo de 2020, de <https://www.adslzone.net/listas/gadgets/alternativas-raspberry-pi/>

Lakka. (2020). *Página Oficial*. Recuperado el Marzo de 2020, de <http://www.lakka.tv/get/linux/>

Lucid Chart. *Utilizado para la creación de esquemas visuales*. Recuperado el 1 de Junio de 2020, de <https://app.lucidchart.com/>

Malcolm Bain, M. G. *Unizar*. Recuperado el 2 de Junio de 2020, de <https://softlibre.unizar.es/>

Morante, L. (15 de Julio de 2017). *Technowired: Comparativa de distintos sistemas operativos*. Recuperado el 28 de Marzo de 2020, de <https://www.tecnowired.com/arcadeclassic/duelo-de-titanes-retropie-vs-recalbox-para-tu-arcade-retro/>

Navarro, A. (s.f.). *comohacer*. Información sobre un posible proceso de ensamblaje. Recuperado el 25 de Abril de 2020, de <https://comohacer.eu/emulador-consola-raspberry-pi/>

Retroflag. Página Oficial. Recuperado el 26 de Marzo de 2020, de <http://retroflag.com/>

Rex-Arcade. Página Oficial. Recuperado el 20 de Marzo de 2020, de <https://www.rex-arcade.com/>

SolidRun. (2020). Página Oficial. Recuperado el 16 de Marzo de 2020, de <https://www.solid-run.com/nxp-family/hummingboard/>

Upton, E. (24 de Junio de 2019). Página web donde se ha adquirido la Raspberry Pi. Recuperado el 10 de Mayo de 2020, de <https://www.raspberrypi.org/blog/raspberry-pi-4-on-sale-now-from-35/>

Anexos

Desarrollo del Manual de Usuario

Para el desarrollo del manual de usuario se han querido conseguir tres objetivos. En primer lugar, debe ser enfocado a un usuario genérico, sin necesidad de tener un perfil técnico, y sin necesidad de tener conocimientos previos en la materia. En segundo lugar se ha querido mantener la guía lo más visual y ligera para la lectura, intentando, a la vez, ser lo más didáctica posible. Por último, en tercer lugar, se ha redactado con la intención de que el usuario pueda empezar y concluir la totalidad del proyecto sin necesidad de material instructivo adicional.

Estructura planteada

El manual se ha dividido en distintos bloques; una parte introductoria, una parte referente al mueble, otra al mando arcade, otra para la electrónica adicional y por último una para la configuración y puesta en marcha más centrada en el software. Cada bloque donde se tratan aspectos del hardware consta primero de un apartado en el que se presentan las alternativas de diseño con las consideraciones a tener en cuenta para la elección entre ellas y posteriormente una parte referente a la ejecución del montaje de lo expuesto.

A continuación se muestra la estructura del índice del manual:

- 1. Introducción:** Este apartado es una presentación del manual en la que se habla de su idea y objetivos.
- 2. Características del Producto:** Este apartado es otra introducción, pero más centrada en el producto y sus características. Tiene un enfoque más técnico que el punto anterior.
- 3. El Mueble:** Apartado que se divide, como ya se ha explicado, en una primera parte enfocada a las alternativas de diseño y la toma de decisiones, y una segunda parte centrada en el ensamblaje.
 - 3.1. Materiales de construcción:** Se presentan distintos materiales de construcción aptos para el perfil de usuario al que se dirige el manual y se exponen los motivos por los que se debe elegir entre uno u otro.
 - 3.2. Diseño:** Apartado en el que se exponen las consideraciones a tener en cuenta para que el diseño sea satisfactorio y funcional.

3.3. Ensamblaje: Apartado que se centra en mostrar cómo ensamblar el mueble.

4. El Mando Arcade: En este apartado se trata todo lo referente al mando arcade.

4.1. Joysticks: Presentación de los distintos joysticks y sus características.

4.2. Botones: Presentación de las distintas alternativas en lo referente a botones.

4.3. Interfaz: Explicación de sus funciones y conexiones.

4.4. Distribuciones: Exposición de varias distribuciones de las más comunes.

4.5. Ensamblaje del Mando: Apartado en el que se explica cómo llevar a cabo todas las conexiones del mando arcade y su instalación en el mueble.

5. Salida de Imagen: Explicación de las conexiones a realizar internamente para dejar en la parte externa de la carcasa un puerto hdmi hembra que permita conectar la consola a un monitor.

6. Circuito de Alimentación: Explicación de las conexiones a realizar internamente para dejar en la parte externa de la carcasa un puerto para la alimentación de la consola y un interruptor de encendido.

7. Instalación del Sistema Operativo: Procedimiento para instalar y ejecutar el sistema operativo elegido.

8. Configuración y Puesta en Marcha: Explicación de todos aquellos parámetros a configurar desde que se enciende la consola por primera vez una vez instalado el sistema operativo hasta que es plenamente funcional.

Encuesta Realizada

A continuación se adjuntan tanto las preguntas como las respuestas y resultados en su totalidad de la encuesta realizada.

Género *

- ☐ Femenino
- ☐ Masculino

Edad *

- ☐ Entre 15 y 20
- ☐ Entre 21 y 25
- ☐ Entre 26 y 30
- ☐ Entre 30 y 35
- ☐ +35

Tienes alguna videoconsola actual? *

- ☐ Sí, y la/s uso
- ☐ Sí, pero no la/s uso casi nada
- ☐ No

¿Cuántas? *

- ☐ Ninguna
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ más de 4

¿Has tenido alguna consola que a día de hoy sería considerada retro? (más de 15 años desde su lanzamiento al mercado) *

- ☐ Sí
- ☐ No

¿Cuántas? *

☐ Ninguna

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5

☐ 6

☐ 7

☐ 8

☐ 9

☐ más de 9

¿Cuántas de esas consolas retro conservas a día de hoy? *

- ☐ Nunca he tenido
- ☐ Ninguna
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6
- ☐ 7
- ☐ 8
- ☐ 9
- ☐ Más de 9

¿Actualmente, jugarías a algún juego retro? *

- ☐ Sí
- ☐ Sí, y a más de uno
- ☐ No
- ☐ Ns/Nc

¿Cuáles de estas opciones definen mejor tu caso? Se acepta más de una respuesta *

- ☐ Lo probé en casa de un amigo/familiar pero nunca llegué a tenerlo
- ☐ Lo jugué hace años y siento ganas de volver a jugarlo
- ☐ Lo jugué hace años pero nunca lo llegué a terminar
- ☐ Me gustaba el modo multijugador
- ☐ Tenía muy buen modo historia
- ☐ Antes no me interesaba pero ahora me atrae la idea de jugarlo
- ☐ No tengo ninguna intención de jugar a videojuegos antiguos
- ☐ Ns/Nc
- ☐ Otro: _____

¿Si actualmente quisieras jugar a esos videojuegos, conservas o has adquirido la consola en la que poder hacerlo?

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Para algunos sí, pero para otros no
- ☐ No quiero jugar a ningún videojuego retro
- ☐ Ns/Nc

¿Perderías interés por jugar un juego retro si no fuera en una consola original?

Ejemplo: Emular un juego de la Game Boy en el ordenador *

- ☐ Totalmente
- ☐ Bastante
- ☐ Un poco
- ☐ En absoluto
- ☐ Depende del juego
- ☐ Ns/Nc

Actualmente existen en el mercado consolas que permiten jugar a una gran variedad de juegos retro de diversas plataformas, dando la oportunidad de tenerlas todas en un solo dispositivo. ¿Si tuvieras las facilidades (instrucciones, dinero, tiempo), te gustaría montar tu propia consola emuladora de videojuegos retro? Se admite más de una respuesta. *

- ☐ Me parece un proyecto interesante
- ☐ Sí, siempre y cuando fuese un proceso sencillo
- ☐ Sí, si fuera más económico que comprarla
- ☐ No, preferiría comprarla en cualquier caso
- ☐ No
- ☐ Ns/Nc

¿Cuánto dinero estarías dispuesto a gastarte en un proyecto/producto de este tipo? *

- ☐ Nada
- ☐ Menos de 50€
- ☐ Entre 50 y 100€
- ☐ Entre 100 y 200€
- ☐ Más de 200€

Una vez terminado, ¿dónde lo situarías? *

- ☐ En el salón
- ☐ En un dormitorio
- ☐ En un estudio/sala polivalente
- ☐ En un local/despacho ajeno a mi hogar
- ☐ Ns/Nc

¿Cuál sería la exposición del proyecto? *

- ☐ A la vista. Con un buen acabado puede ser una bonita decoración
- ☐ En un armario/mueble/cajón desde donde se pudiera usar, pero no estaría demasiado expuesto
- ☐ Guardado; no se vería. Lo sacaría sólo para usarlo.
- ☐ Ns/Nc

¿Alguna vez has jugado a una máquina recreativa arcade? *

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ No sé lo que es

¿Si hicieras tu propia consola emuladora de juegos retro, te gustaría que llevara incorporados los controles típicos de las máquinas recreativas? Valorar de 1 a 5. (La inclusión de este tipo de controles no implica perder la posibilidad de jugar con un mando tradicional) *

Poco/Nada 1 2 3 4 5 Mucho

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Respecto a la pregunta anterior, ¿el precio influye? *

Poco/Nada 1 2 3 4 5 Mucho

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

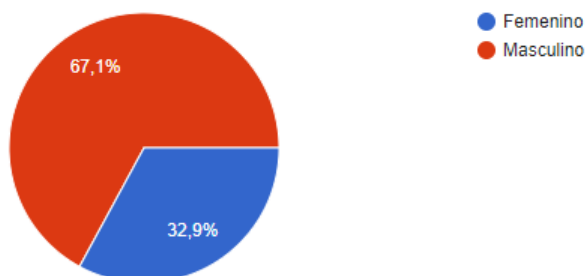
¿Cuánto influiría la complejidad para montarlo/programarlo? *

Poco/nada 1 2 3 4 5 Mucho

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

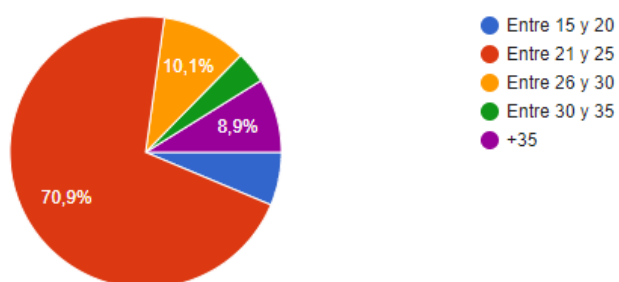
Género

79 respuestas



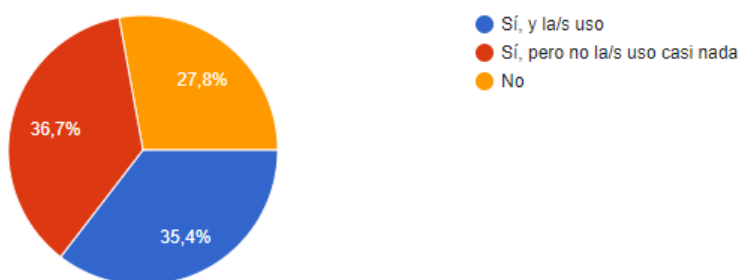
Edad

79 respuestas



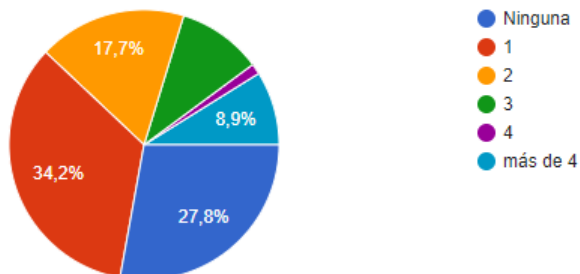
Tienes alguna videoconsola actual?

79 respuestas



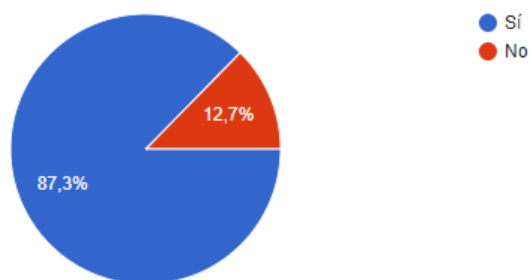
¿Cuántas?

79 respuestas



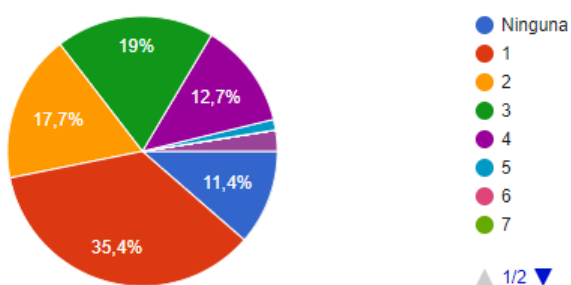
¿Has tenido alguna consola que a día de hoy sería considerada retro? (más de 15 años desde su lanzamiento al mercado)

79 respuestas



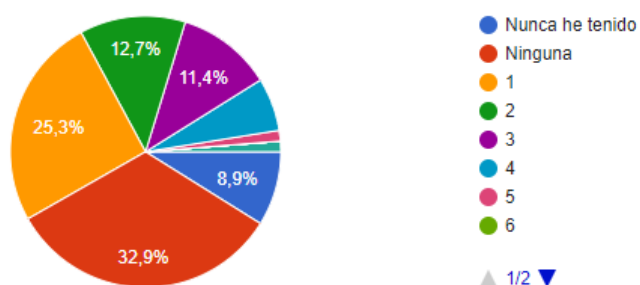
¿Cuántas?

79 respuestas



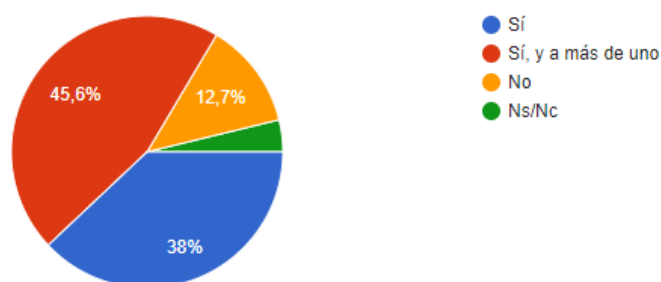
¿Cuántas de esas consolas retro conservas a día de hoy?

79 respuestas



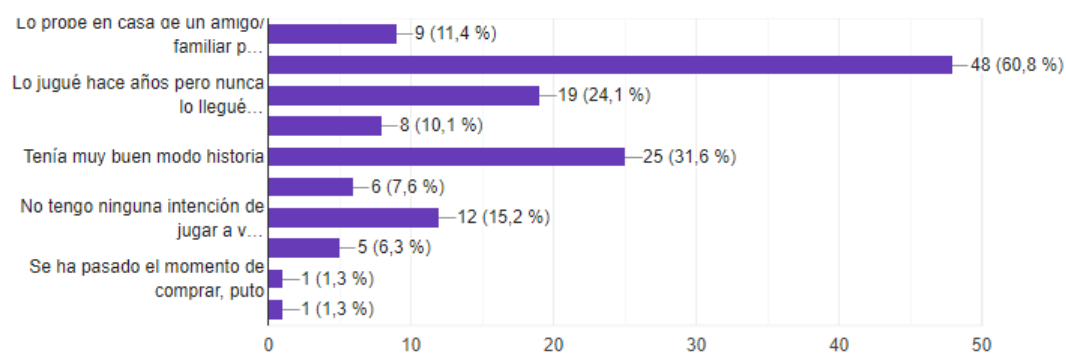
¿Actualmente, jugarías a algún juego retro?

79 respuestas



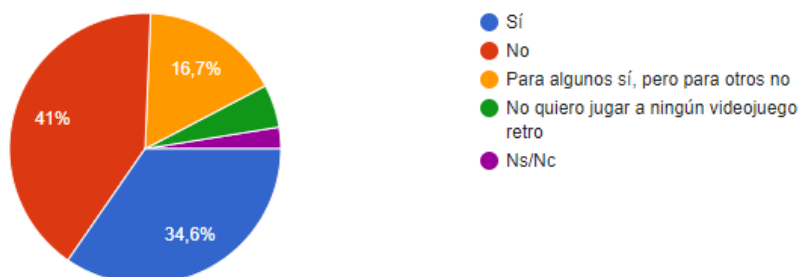
¿Cuáles de estas opciones definen mejor tu caso? Se acepta más de una respuesta

79 respuestas



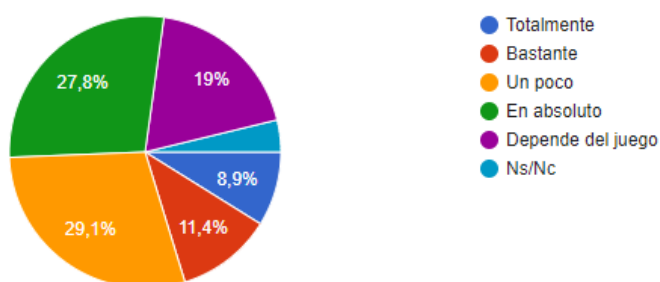
¿Si actualmente quisieras jugar a esos videojuegos, conservas o has adquirido la consola en la que poder hacerlo?

78 respuestas



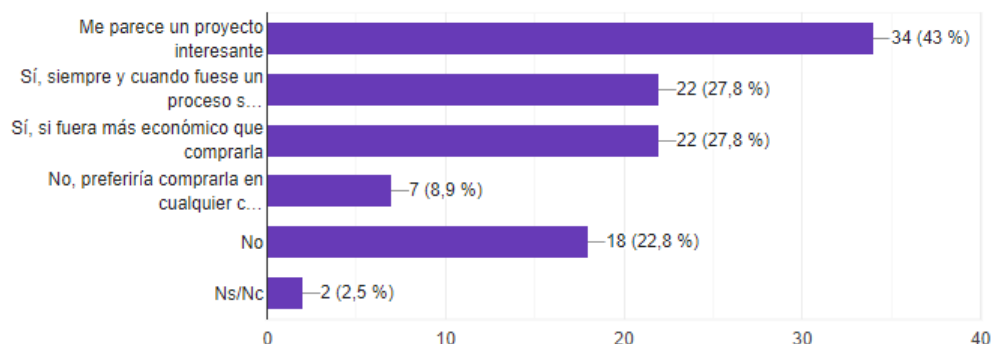
¿Perderías interés por jugar un juego retro si no fuera en una consola original? Ejemplo: Emular un juego de la Game Boy en el ordenador

79 respuestas



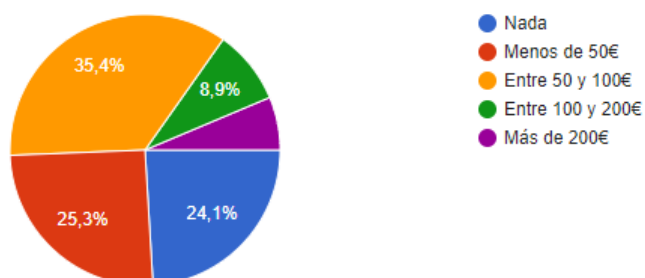
Actualmente existen en el mercado consolas que permiten jugar a una gran variedad de juegos retro de diversas plataformas, dando la oportunidad de tenerlas todas en un solo dispositivo. ¿Si tuvieras las facilidades (instrucciones, dinero, tiempo), te gustaría montar tu propia consola emuladora de videojuegos retro? Se admite más de una respuesta.

79 respuestas



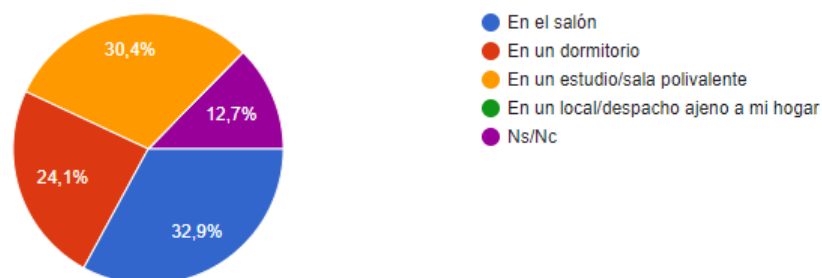
¿Cuánto dinero estarías dispuesto a gastarte en un proyecto/producto de este tipo?

79 respuestas



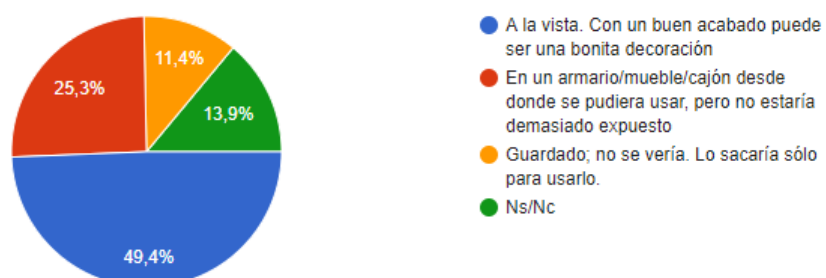
Una vez terminado, ¿dónde lo situarías?

79 respuestas



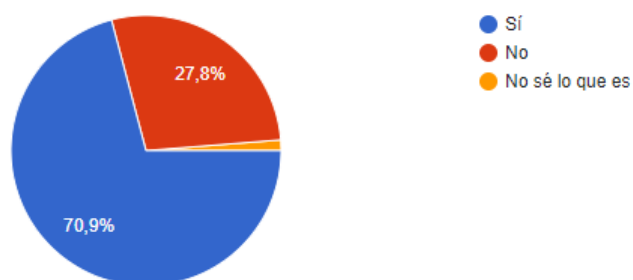
¿Cuál sería la exposición del proyecto?

79 respuestas



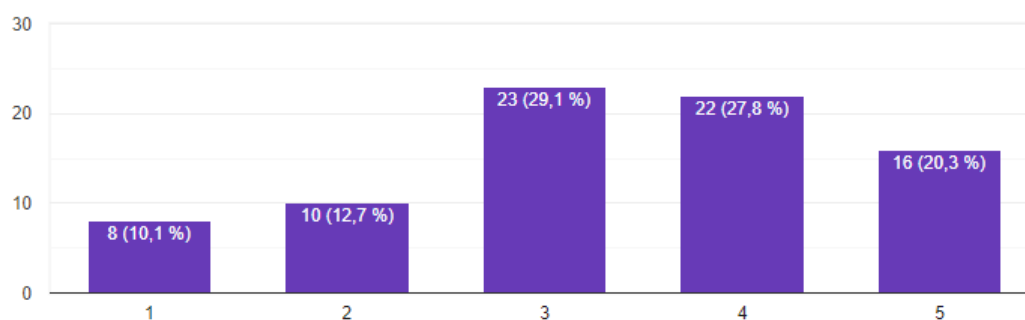
¿Alguna vez has jugado a una máquina recreativa arcade?

79 respuestas



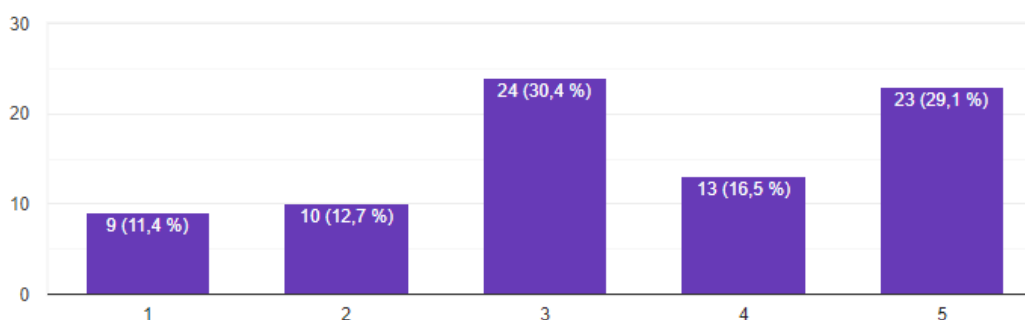
¿Si hicieras tu propia consola emuladora de juegos retro, te gustaría que llevara incorporados los controles típicos de las máquinas recreativas? Valorar de 1 a 5. (La inclusión de este tipo de controles no implica perder la posibilidad de jugar con un mando tradicional)

79 respuestas



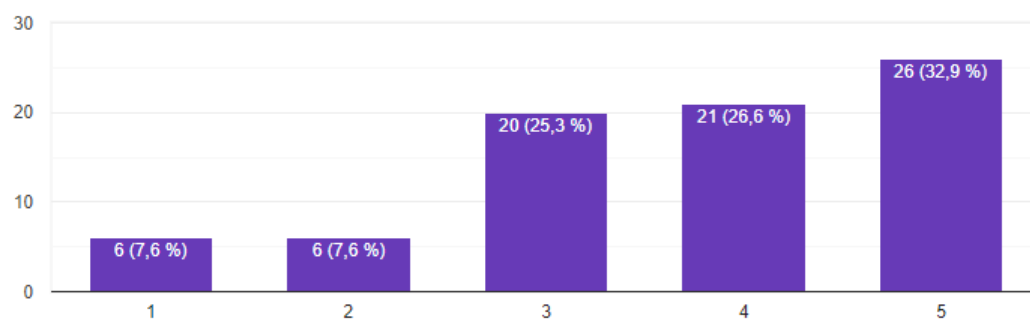
Respecto a la pregunta anterior, ¿el precio influye?

79 respuestas



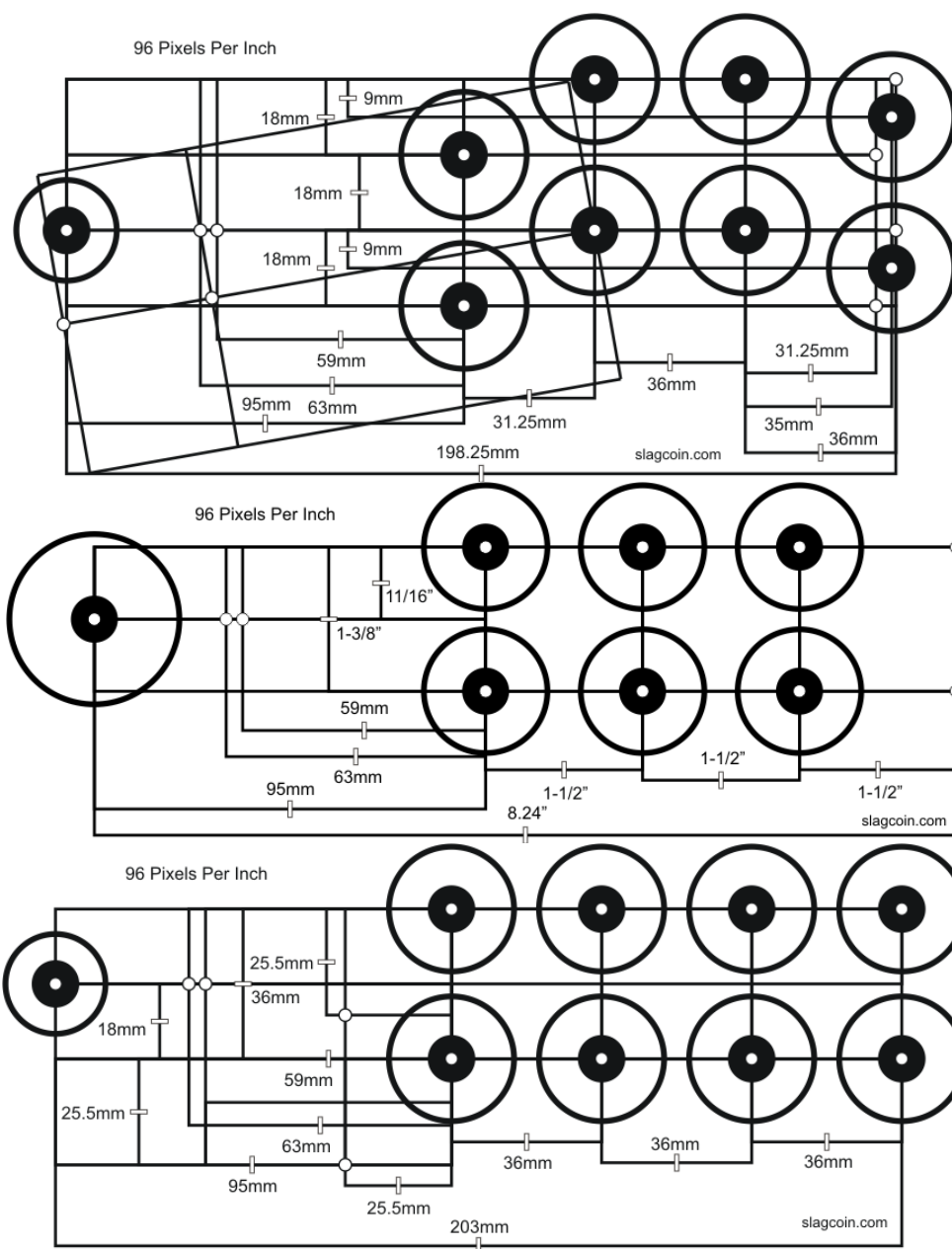
¿Cuánto influiría la complejidad para montarlo/programarlo?

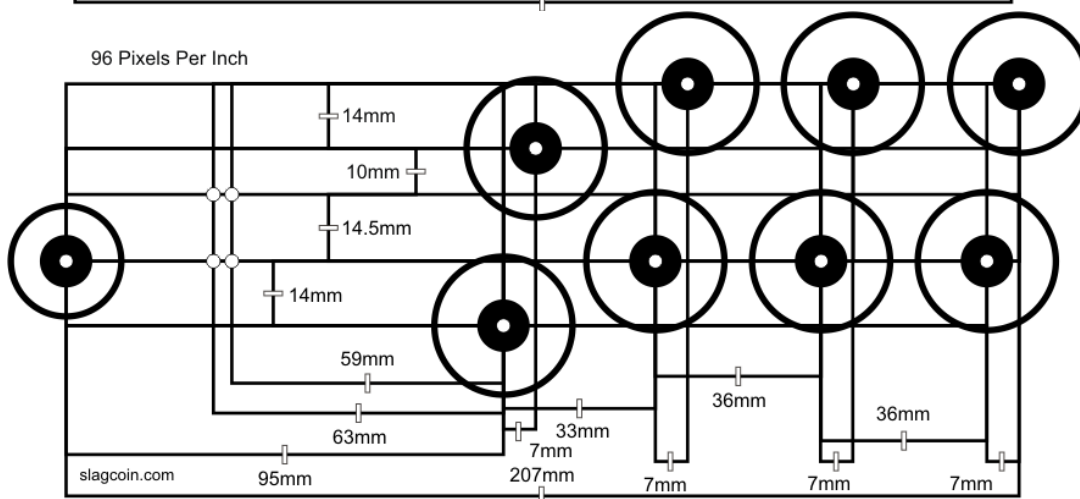
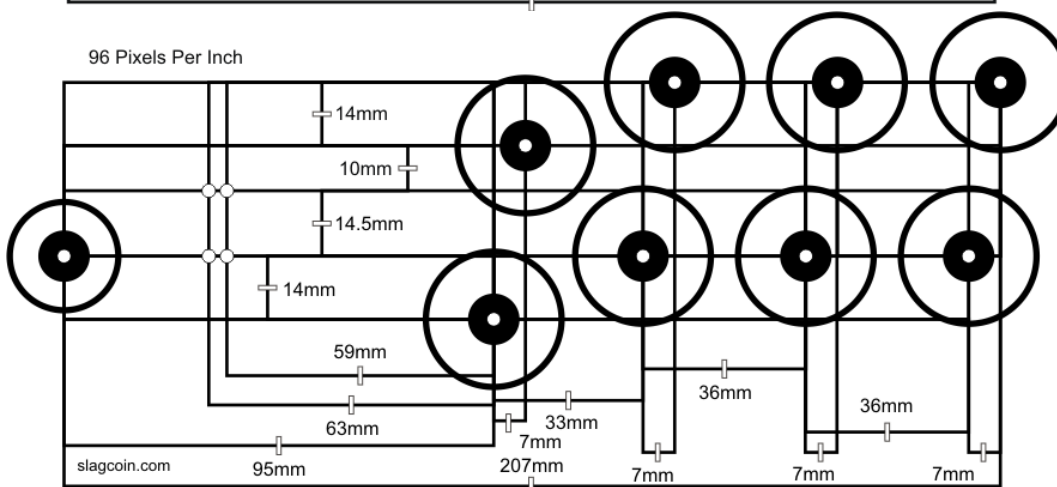
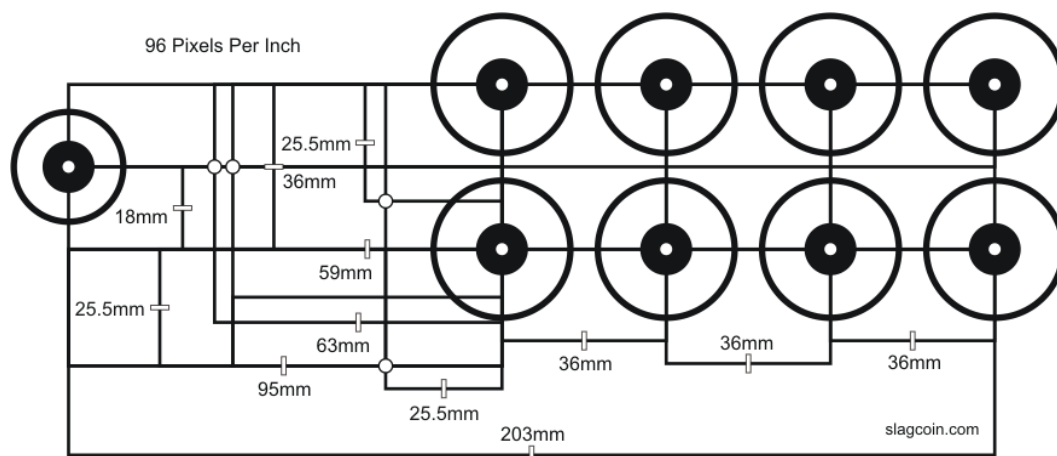
79 respuestas

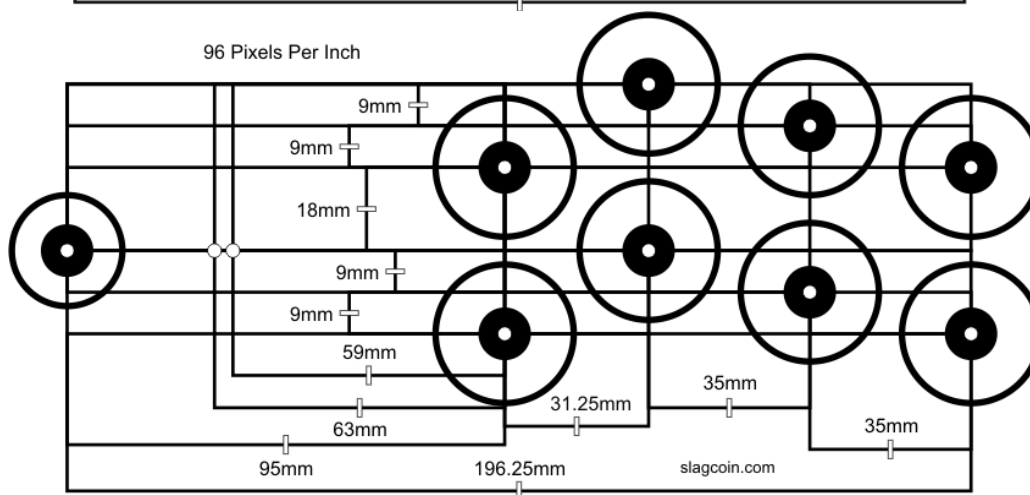
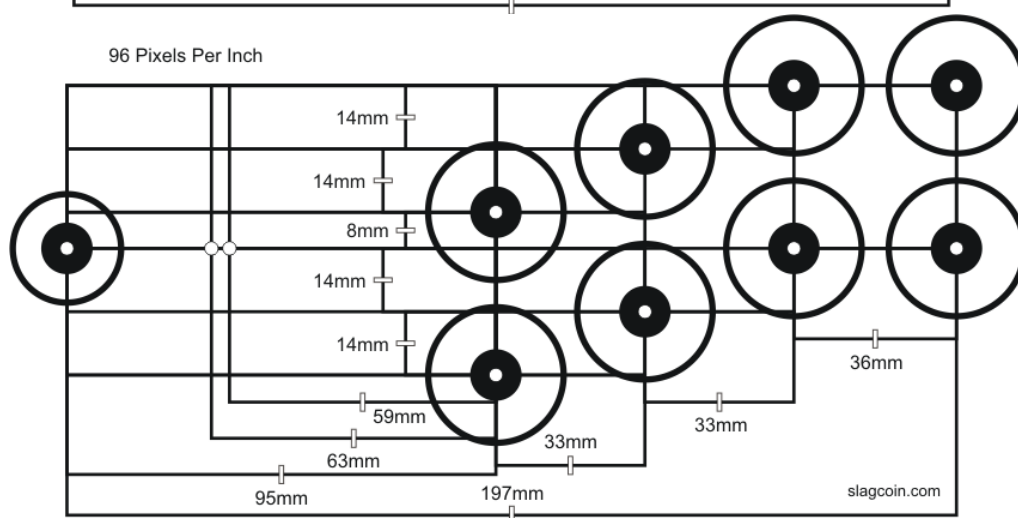
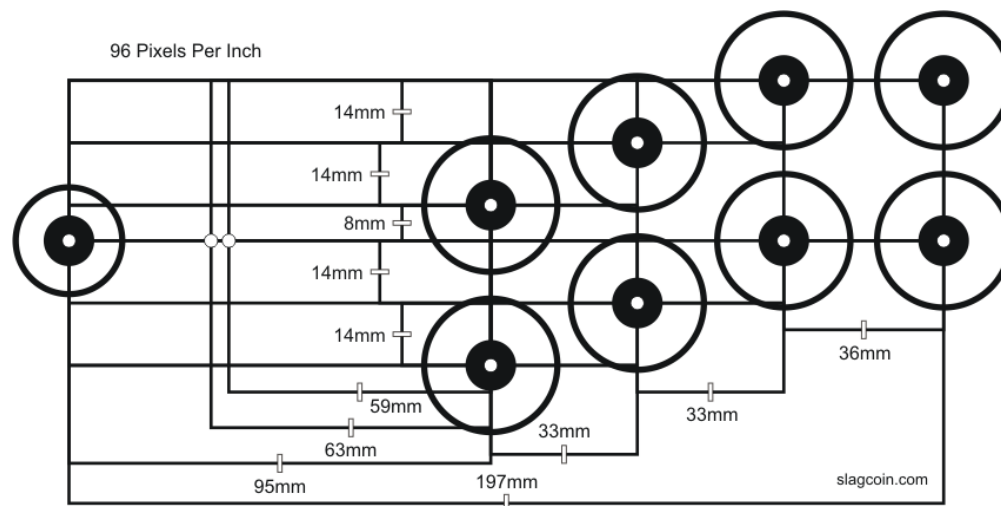


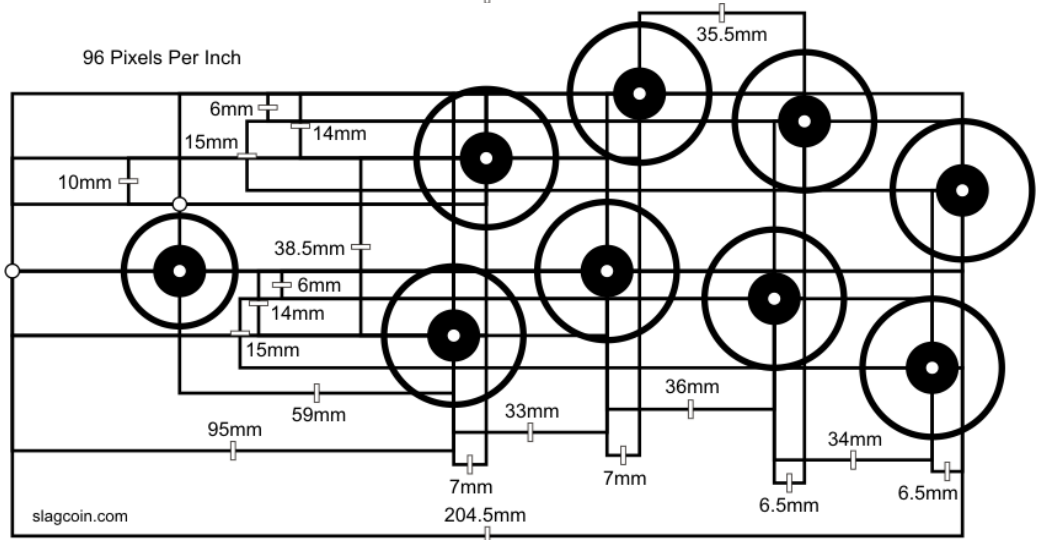
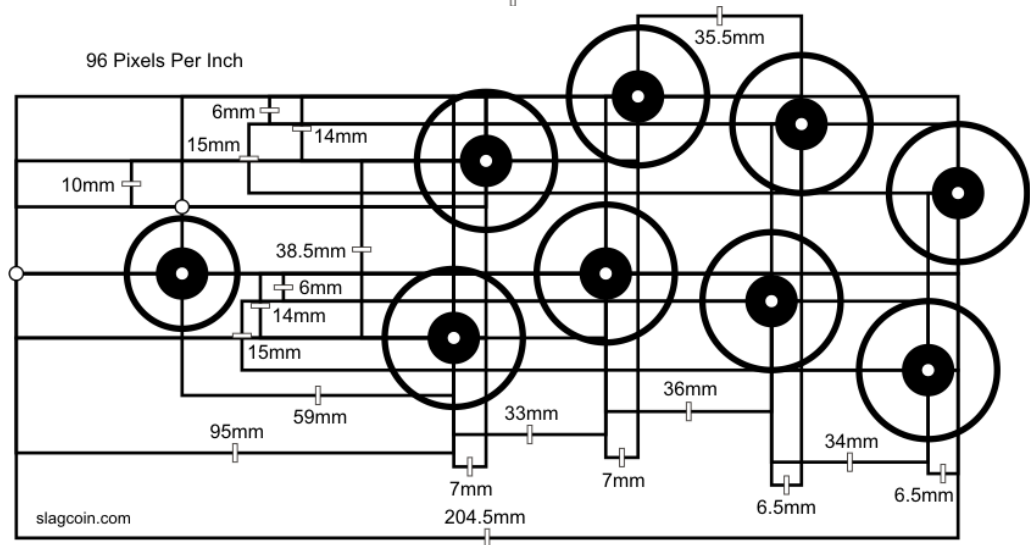
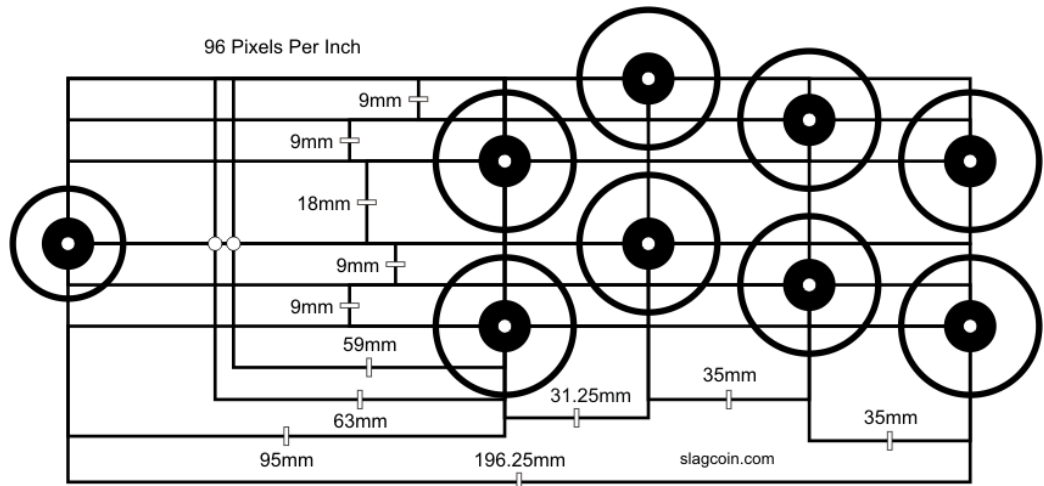
Distribuciones de mandos arcade más destacadas

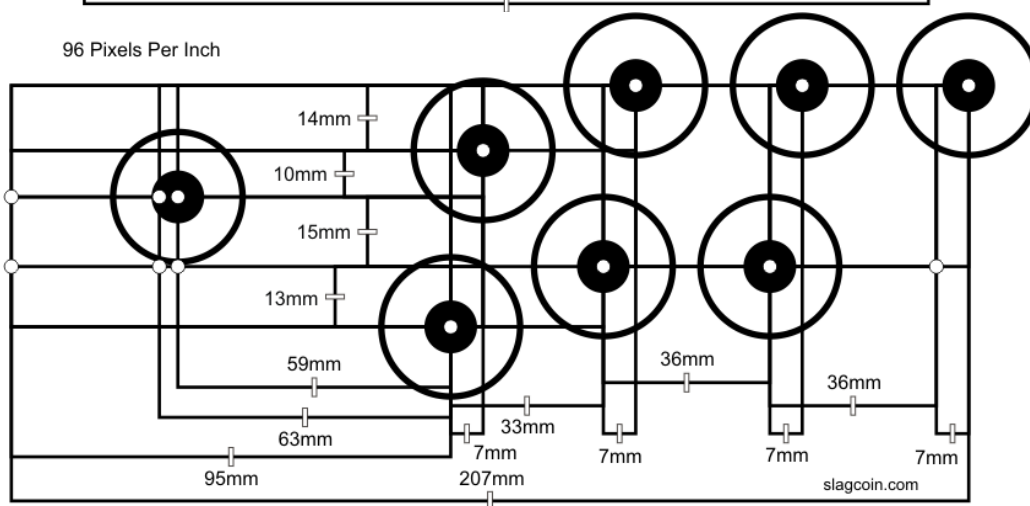
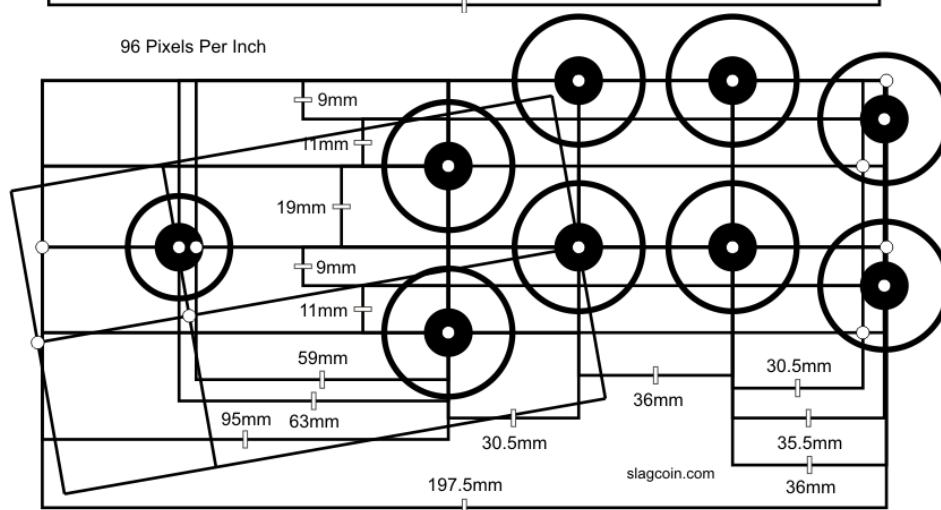
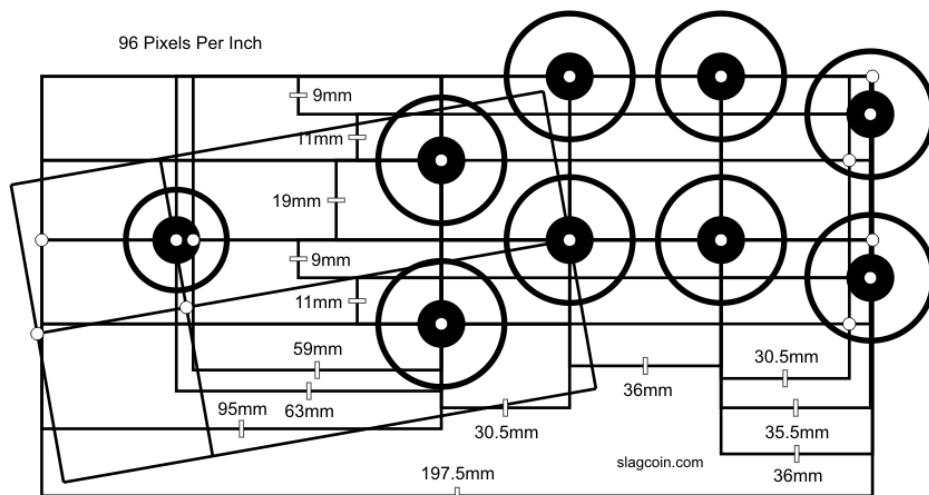
Se adjuntan algunos ejemplos de las distribuciones más populares encontradas en máquinas recreativas. Todas ellas alternativas válidas a la propuesta en el proceso de ensamblaje.

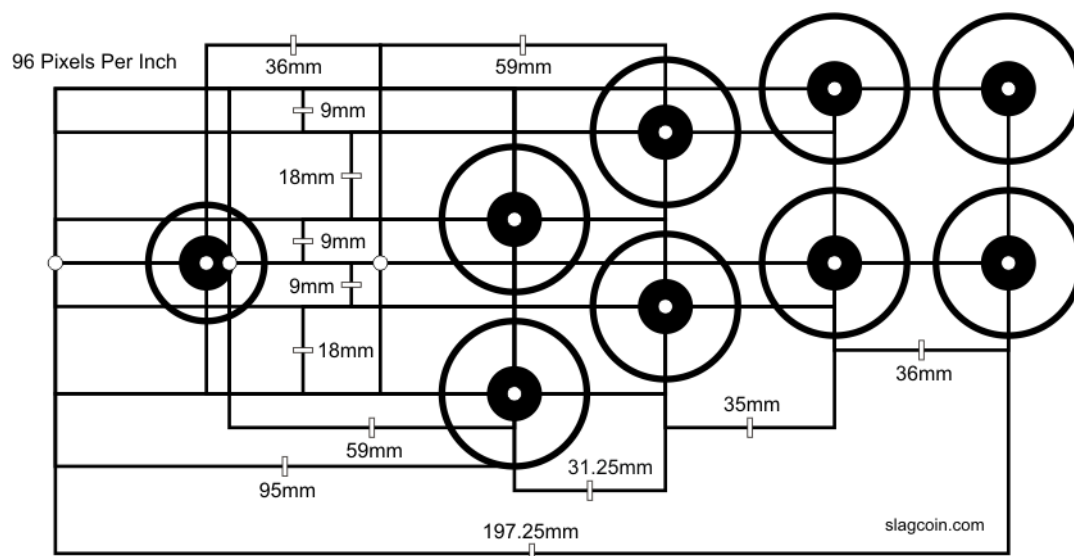












Planos Utilizados

Se adjuntan los planos utilizados para el diseño y ensamblaje del mueble realizado.

